विज्ञान

कक्षा 10 के लिए पाठ्यपुस्तक

विज्ञान

कक्षा 10 के लिए पाठ्यपुस्तक

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

1065 – विज्ञान
कक्षा 10 के लिए पाठ्यपुस्तक

ISBN 81-7450-675-6

प्रथम संस्करण
मार्च 2007 फाल्गुन 1928

पुनर्मुद्रण
दिसंबर 2007, जनवरी 2009, दिसंबर 2009, नवंबर 2010, जनवरी 2012, नवंबर 2012, नवंबर 2013, दिसंबर 2016, फ़रवरी 2018, दिसंबर 2018 और सितंबर 2019

संशोधित संस्करण
नवंबर 2022 अग्रहायण 1944

पुनर्मुद्रण
मार्च 2024, चैत्र 1946,

PD 50T SU

₹ 210.00

एन.सी.ई.आर.टी. वाटरमार्क 80 जी.एस.एम. पेपर पर मुद्रित।

सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नयी दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशन प्रभाग में प्रकाशित तथा हाई-टेक ग्राफ़िक्स, डी-28/3, ओखला इंस्ट्रियल एरिया, फ़ेस-I, नयी दिल्ली - 110 020 द्वारा मुद्रित।

एन. सी. ई. आर. टी. के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय

एन.सी.ई.आर.टी. कैंपस
श्री अरविंद मार्ग
नयी दिल्ली 110 016 फ़ोन : 011-26562708

108, 100 फ़ीट रोड
हेली एक्सटेंशन, होस्डेकेरे
बनाशंकरी III स्टेज
बेंगलुरु 560 085 फ़ोन : 080-26725740

नवजीवन ट्रस्ट भवन
डाकघर नवजीवन
अहमदाबाद 380 014 फ़ोन : 079-27541446

सी.डब्ल्यू.सी. कैंपस
निकट: धनकल बस स्टॉप पनिहटी
कोलकाता 700 114 फ़ोन : 033-25530454

सी.डब्ल्यू.सी. कॉम्प्लेक्स
मालीगाँव
गुवाहाटी 781 021 फ़ोन : 0361-2676869

प्रकाशन सहयोग

अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग	:	*अनूप कुमार राजपूत*
मुख्य संपादक	:	*श्वेता उप्पल*
मुख्य उत्पादन अधिकारी	:	*अरुण चितकारा*
मुख्य व्यापार प्रबंधक (प्रभारी)	:	*अमिताभ कुमार*
संपादक	:	*नरेश यादव*
सहायक उत्पादन अधिकारी	:	*राजेश पिप्पल*

सज्जा, आवरण एवं चित्रांकन
डिजिटल एक्सप्रेशंस

आमुख

राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (2005) सुझाती है कि बच्चों के स्कूली जीवन को उनके दैनिक जीवन से जोड़ा जाना चाहिए। यह सिद्धांत किताबी ज्ञान की उस विरासत के विपरीत है जिसके प्रभाववश हमारी शिक्षा व्यवस्था आज तक स्कूल, घर और समाज के बीच अंतराल बनाए हुए है। राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (2005) पर आधारित पाठ्यक्रम और पाठ्यपुस्तकें इस बुनियादी विचार पर अमल करने का प्रयास हैं। इस प्रयास में प्रत्येक विषय को अपनी-अपनी सीमा में बाँध देने और पठन सामग्री को रटा देने तक सीमित रखने की प्रवृत्ति को बढ़ावा न देना भी सम्मिलित है। आशा है कि ये कदम हमें राष्ट्रीय शिक्षा नीति (1986) में अपेक्षित बाल-केंद्रित शिक्षा व्यवस्था को वांछित आधार प्रदान करने की दिशा में सहायक होंगे।

इस प्रयत्न की सफलता अब इस बात पर निर्भर है कि स्कूलों के प्राचार्य और अध्यापक बच्चों को कल्पनाशील क्रियाकलापों और सवालों की मदद से स्वयं सीखने तथा सीखने की प्रक्रिया के दौरान अपने अनुभवों पर विचार करने का कितना अवसर देते हैं। हमें यह मानना होगा कि यदि उचित परिवेश, समय और सुविधा प्रदान की जाए तो बच्चे बड़ों द्वारा की गई सूचना-सामग्री का स्वयं विश्लेषण कर नए ज्ञान का सृजन कर सकते हैं। शिक्षा के विविध साधनों एवं स्रोतों की अनदेखी किए जाने का प्रमुख कारण पाठ्यपुस्तक को परीक्षा का एकमात्र आधार बनाने की प्रवृत्ति है। सृजन और पहल को विकसित करने के लिए यह आवश्यक है कि हम बच्चों को ज्ञान के मात्र निर्धारित भंडार का ग्राही मानना छोड़ें तथा उन्हें सीखने की प्रक्रिया में पूर्ण भागीदार समझें और बनाएँ।

ये उद्देश्य स्कूल की दिनचर्या और कार्यशैली में काफ़ी फेरबदल की माँग करते हैं। दैनिक समय-सारणी में लचीलापन उतना ही जरूरी है, जितना वार्षिक कैलेंडर के अमल में चुस्ती, जिससे शिक्षण के लिए नियत दिनों की संख्या हकीकत बन सके। शिक्षण और मूल्यांकन की विधियाँ भी इस बात को तय करेंगी कि यह पाठ्यपुस्तक शिक्षण को बोझिल अथवा उबाऊ न बनाकर स्कूली जीवन को एक आनंददायक अनुभव बनाने में कितनी प्रभावी सिद्ध होती है। पाठ्यक्रम के विकास में संलग्न विशेषज्ञों ने शैक्षिक बोझ की समस्या से निपटने के लिए शिक्षण के लिए उपलब्ध समय का ध्यान रखने में पहले से अधिक सचेत कोशिश की है। इस कोशिश को और बढ़ावा देने के यत्न में यह पाठ्यपुस्तक सोच-विचार और विस्मय, छोटे समूहों में बातचीत एवं बहस और स्वयं किए जाने वाले क्रियाकलापों को प्राथमिकता देती है।

एन.सी.ई.आर.टी. इस पुस्तक की रचना के लिए बनाई गई पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति के परिश्रम के लिए कृतज्ञता व्यक्त करती है। परिषद् विज्ञान तथा गणित की पाठ्यपुस्तकों की सलाहकार समिति के अध्यक्ष प्रोफ़ेसर जे. वी. नार्लीकर और इस पुस्तक की मुख्य सलाहकार प्रोफ़ेसर रूपमंजरी घोष, स्कूल ऑफ़ फ़िज़िकल सांइसेज, जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली की विशेष आभारी है। इस पाठ्यपुस्तक के विकास

में कई शिक्षकों ने योगदान दिया; इस योगदान को संभव बनाने के लिए हम उनके प्राचार्यों के आभारी हैं। हम उन सभी संस्थाओं और संगठनों के प्रति कृतज्ञ हैं, जिन्होंने अपने संसाधनों, सामग्री तथा सहयोगियों की मदद लेने में हमें उदारतापूर्वक सहयोग दिया। शिक्षा मंत्रालय (तब मानव संसाधन विकास मंत्रालय) के अधीन उच्च माध्यमिक एवं उच्चतर शिक्षा विभाग द्वारा प्रोफ़ेसर मृणाल मीरी और प्रोफ़ेसर जी.पी. देशपांडे की अध्यक्षता में गठित निगरानी समिति (मॉनिटरिंग कमेटी) के सदस्यों को अपना अमूल्य समय और सहयोग देने के लिए हम कृतज्ञ हैं। व्यवस्थागत सुधारों और अपने प्रकाशनों में निरंतर निखार लाने के प्रति समर्पित एन.सी.ई.आर.टी. टिप्पणियों एवं सुझावों का स्वागत करेगी, जिनसे भावी संशोधनों में मदद ली जा सके।

निदेशक
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और
प्रशिक्षण परिषद्

नयी दिल्ली
20 नवंबर 2006

पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन

कोविड-19 महामारी को देखते हुए, विद्यार्थियों के ऊपर से पाठ्य सामग्री का बोझ कम करना अनिवार्य है। *राष्ट्रीय शिक्षा नीति, 2020* में भी विद्यार्थियों के लिए पाठ्य सामग्री का बोझ कम करने और रचनात्मक नज़रिए से अनुभवात्मक अधिगम के अवसर प्रदान करने पर ज़ोर दिया गया है। इस पृष्ठभूमि में, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने सभी कक्षाओं में पाठ्यपुस्तकों को पुनर्संयोजित करने की शुरुआत की है। इस प्रक्रिया में रा.शै.अ.प्र.प. द्वारा पहले से ही विकसित कक्षावार सीखने के प्रतिफलों को ध्यान में रखा गया है।

पाठ्य सामग्रियों के पुनर्संयोजन में निम्नलिखित बिंदुओं को ध्यान में रखा गया है —

- एक ही कक्षा में अलग-अलग विषयों के अंतर्गत समान पाठ्य सामग्री का होना;
- एक कक्षा के किसी विषय में उससे निचली कक्षा या ऊपर की कक्षा में समान पाठ्य सामग्री का होना;
- कठिनाई स्तर;
- विद्यार्थियों के लिए सहज रूप से सुलभ पाठ्य सामग्री का होना, जिसे शिक्षकों के अधिक हस्तक्षेप के बिना, वे खुद से या सहपाठियों के साथ पारस्परिक रूप से सीख सकते हों;
- वर्तमान संदर्भ में अप्रासंगिक सामग्री का होना।

वर्तमान संस्करण, ऊपर दिए गए परिवर्तनों को शामिल करते हुए तैयार किया गया पुनर्संयोजित संस्करण है।

प्रस्तावना

कक्षा 10 के लिए विज्ञान की प्रस्तुत पाठ्यपुस्तक राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा-2005 के मार्गदर्शी सिद्धांतों के अनुपालन के क्रम में कक्षा 9 के लिए प्रकाशित की गई विज्ञान की पुस्तक का अगला सोपान है। इस आमूल परिवर्तन के कार्य के मार्ग में सीमित समयावधि के अतिरिक्त हमारी अपनी भी कुछ बाध्यताएँ थीं। कक्षा 10 के इस संशोधित एवं पुनर्संरचित पाठ्यक्रम में द्रव्य पदार्थ, सजीव जगत, चीजें किस प्रकार कार्य करती हैं, प्राकृतिक परिघटना एवं प्राकृतिक संसाधन जैसे विषय सम्मिलित किए गए हैं। हमने पाठ्यक्रम की भावना के अनुरूप चुनिंदा विषयों पर दैनिक जीवन से संबंधित वैज्ञानिक अवधारणाओं को सम्मिलित करने का प्रयास किया है। इस स्तर पर जिसमें भौतिकी, रसायन विज्ञान, जीवविज्ञान एवं पर्यावरण विज्ञान जैसे विषयों का सुस्पष्ट विभाजन न हो, विज्ञान का यह एक एकीकृत दृष्टिकोण है।

विज्ञान की इस पाठ्यपुस्तक में, जहाँ कहीं संभव हुआ है, प्रासंगिक सामाजिक सरोकारों को शामिल करने का एक सजग एवं सार्थक प्रयास किया गया है। विशेष आवश्यकता वाले समूह, लिंग भेदभाव, ऊर्जा और पर्यावरण संबंधी मुद्दों को इस पुस्तक में सहजता से समाहित किया गया है। इस पुस्तक के माध्यम से विद्यार्थियों को प्रबंधन संबंधित कुछ सरोकारों (उदाहरणार्थ, संपोषणीय विकास) पर परिचर्चा करने की प्रेरणा भी मिलेगी ताकि वे इनसे संबंधित सभी तथ्यों का वैज्ञानिक विश्लेषण करने के पश्चात् स्वयं निर्णय ले सकें।

इस पुस्तक की कुछ विशेषताएँ इसके प्रभाव को एक विस्तृत आयाम देती हैं। प्रत्येक अध्याय की भूमिका दैनिक जीवन से संबंधित उदाहरणों के साथ दी गई है तथा यथासंभव रूप से विद्यार्थियों द्वारा किए जा सकने वाले क्रियाकलापों को भी समाहित किया गया है। वस्तुतः यह पुस्तक क्रियाकलाप पर आधारित है, जिसके माध्यम से यह अपेक्षित है कि विद्यार्थी स्वतः ज्ञान का अर्जन कर सकेंगे। पुस्तक में परिभाषाओं और तकनीकी शब्दावली के बजाय अवधारणा पर बल दिया गया है। इसमें भाषा को सरल बनाने के साथ-साथ विज्ञान की यथार्थता को बनाए रखने का विशेष ध्यान रखा गया है। इस स्तर पर जिन कठिन और चुनौतीपूर्ण विचारों को शामिल नहीं किया जा सका, उन्हें हलके संतरी रंग के बॉक्स में अतिरिक्त सामग्री के रूप में स्थान दिया गया है। चूँकि अज्ञात जानने की उत्सुकता में ही विज्ञान का उत्साह है, अतः यह पुस्तक विद्यार्थियों को पाठ्यक्रम के अतिरिक्त सोचने और कुछ खोजने का अवसर प्रदान करेगी तथा अपने इस वैज्ञानिक अभियान को और आगे जारी रखने की प्रेरणा देगी। वैज्ञानिकों की संक्षिप्त जीवनी सहित इस प्रकार के सभी बॉक्स निस्संदेह मूल्यांकन से परे होंगे।

अवधारणा को स्पष्ट करने के लिए, जहाँ कहीं भी आवश्यक है, हल किए गए उदाहरण भी दिए गए हैं। विद्यार्थियों के विषय की समझ को जाँचने के लिए मुख्य खंड के पश्चात् पाठ्य में निहित प्रश्न भी हैं। प्रत्येक अध्याय के अंत में, महत्वपूर्ण बिंदुओं की त्वरित पुनर्विवेचना की गई है। हमने अभ्यास में कुछ बहु-विकल्पीय प्रश्न शामिल किए हैं। पुस्तक के अंत में विभिन्न कठिनाई के स्तर वाले बहु-विकल्पीय प्रश्नों और संख्यात्मक आँकड़े वाले प्रश्नों के उत्तर तथा कठिन प्रश्नों के लिए संकेत भी दिए गए हैं।

पुस्तक तैयार करने में अनेक लोगों की गहन रुचि और सक्रिय सहभागिता रही है। सभी प्रकार की प्रशासनिक सहायता प्रदान करने के लिए प्रो. कृष्ण कुमार, निदेशक, एन.सी.ई.आर.टी.; प्रो. जी. रवीन्द्रा, संयुक्त निदेशक, एन.सी.ई.आर.टी. और प्रो. हुकुम सिंह, अध्यक्ष, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, एन.सी.ई.आर.टी. का विशेष रूप से धन्यवाद करना चाहूँगी। मैं डॉ. अंजनी कौल, पाठ्यपुस्तक विकास समिति की सदस्य-संयोजक को उनकी असाधारण प्रतिबद्धता और दक्षता के लिए हार्दिक प्रशंसा करती हूँ। पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति और समीक्षा समिति के सदस्यों के साथ कार्य करना मेरे लिए वास्तव में एक सुखद अनुभव रहा है। चयनित संपादकीय दल ने इस पुस्तक को अपने अत्यंत परिश्रम से निश्चित समय सीमा में प्रकाशित करके हमारे स्वप्न को साकार किया। मानव संसाधन मंत्रालय (अब शिक्षा मंत्रालय) की निगरानी समिति (मॉनिटरिंग कमेटी) के कुछ सदस्यों के साथ उपयोगी परिचर्चा पुस्तक को अंतिम रूप देने में सहायक रही है। मेरे पास अपने मित्रों के प्रति आभार प्रकट करने के लिए शब्द नहीं हैं, जिन्होंने इस पुस्तक को तैयार करने में व्यावसायिक और निजी सहायता प्रदान की है।

इस पाठ्यपुस्तक के सुधार हेतु आपकी टिप्पणियों तथा सुझावों का स्वागत है।

रूपमंजरी घोष
प्रोफ़ेसर (भौतिकी)
स्कूल ऑफ़ फ़िज़िकल साइंसेज
जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय
नयी दिल्ली

पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति

अध्यक्ष, विज्ञान और गणित की पाठ्यपुस्तकों की सलाहकार समिति

जे. वी. नार्लीकर, *इमेरिटस प्रोफ़ेसर*, अतंर-विश्वविद्यालय केंद्र–खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी (IUCAA), गणेश खंड, पूना विश्वविद्यालय, पुणे

मुख्य सलाहकार

रूपमंजरी घोष, *प्रोफ़ेसर*, स्कूल ऑफ़ फ़िजिकल सांइसेज, जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली

सदस्यगण

अंजनी कौल, *प्रवक्ता*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली (समन्वयक-अंग्रेजी संस्करण)

अनिमेश महापात्रा, *रीडर*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, अजमेर, राजस्थान

अलका मेहरोत्रा, *रीडर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

आर. पी. सिंह, *प्रवक्ता*, राजकीय प्रतिभा विकास विद्यालय, किशनगंज, दिल्ली

इश्वंत कौर, *पी.जी.टी.*, डी.एम. स्कूल, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल, मध्यप्रदेश

उमा सुधीर, एकलव्य, इंदौर, मध्यप्रदेश

एच. एल. सतीश, *टी.जी.टी.*, डी.एम. स्कूल, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, मैसूर, कर्नाटक

एस. के. दाश, रीडर, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

गगन गुप्त, *रीडर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

चारू मेनी, *पी.जी.टी.*, सलवान पब्लिक स्कूल, गुड़गाँव, हरियाणा

जे. डी. अरोड़ा, रीडर, हिंदू कॉलेज, मुरादाबाद, उत्तर प्रदेश

दिनेश कुमार, *रीडर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

पूरन चंद, *संयुक्त निदेशक* (अवकाशप्राप्त), सी.आई.ई.टी., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

बी. के. त्रिपाठी, *रीडर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

बी. बी. स्वाईं, *प्रोफ़ेसर* (अवकाशप्राप्त), भौतिकी विभाग, उत्कल विश्वविद्यालय, भुवनेश्वर, उड़ीसा

ब्रह्म प्रकाश, *प्रोफ़ेसर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

मीनाम्बिका मेनन, *टी.जी.टी.*, कैम्ब्रिज स्कूल, नोएडा, उत्तर प्रदेश

रीता शर्मा, *रीडर*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल, मध्यप्रदेश

वंदना सक्सेना, *टी.जी.टी.*, केंद्रीय विद्यालय-4, कंधार लाइंस, दिल्ली कैंट, नयी दिल्ली

विनोद कुमार, *रीडर*, हंसराज कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

सत्यजीत रथ, *वैज्ञानिक*, नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ़ इम्यूनोलॉजी, जे.एन.यू. कैंपस, नयी दिल्ली

सुनीता रामरखियानी, *पी.जी.टी.*, अल्हकॉन पब्लिक स्कूल, दिल्ली

हिंदी अनुवादक

आर. जी. शर्मा, *वरिष्ठ विज्ञान काउंसिलर*, साइंस सेंटर न- 2, वसंत विहार, नयी दिल्ली

कन्हैया लाल, *प्राचार्य* (अवकाशप्राप्त), 121, अफगानन, दिल्ली गेट, गाजियाबाद, उत्तर प्रदेश

गरिमा वर्मा, स्पेक्ट्रम कम्युनिकेशंस, शहीद भगत सिह मार्केट, नयी दिल्ली

जे.पी. अग्रवाल, प्राचार्य (अवकाशप्राप्त), 3, शक्ति अपार्टमेंट, अशोक विहार, फेज III, काकाजी लेन, दिल्ली

प्रवीन कुमार सिंह, स्पेक्ट्रम कम्युनिकेशंस, शहीद भगत सिह मार्केट, नयी दिल्ली

विजय कुमार, *उप प्राचार्य*, सर्वोदय उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, आनंद विहार, दिल्ली

सदस्य-समन्वयक

बी. के. शर्मा, *प्रोफ़ेसर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग (डी.ई.एस.एम.), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

आभार

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् कक्षा 10 की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक के निर्माण के लिए बनाई गई पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति के सभी सदस्यों को उनके योगदान देने के लिए कृतज्ञता व्यक्त करती है। इसके साथ ही, इस पाठ्यपुस्तक की पांडुलिपि की निम्न सदस्यों द्वारा समीक्षा, संपादन व संशोधन करके अंतिम रूप देने के योगदान के लिए धन्यवाद करती है– आर.एस. दास, *उप प्राचार्य* (अवकाशप्राप्त) IV/49, वैशाली, गाजियाबाद, उत्तर प्रदेश; ललित गुप्ता, *टी.जी.टी.*, (विज्ञान), उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, हस्तसाल, विकासपुरी, नयी दिल्ली; वीरेन्द्र श्रीवास्तव, *शिक्षा अधिकारी* (अवकाशप्राप्त), शिक्षा विभाग, नयी दिल्ली; अशोक कुमार सेठ, *उप प्राचार्य*, बाबूराम राजकीय सर्वोदय विद्यालय, शाहदरा, नयी दिल्ली; महेश कुमार तिवारी, *पी.जी.टी.* (जीव विज्ञान), केंद्रीय विद्यालय, मंदसौर, मध्य प्रदेश; अरुणा मोहन, *रीडर*, (प्राणिविज्ञान), गार्गी कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली; वी.के. गौतम, *शिक्षा अधिकारी* (विज्ञान), केंद्रीय विद्यालय संगठन, नयी दिल्ली; डी.सी. पाण्डेय, ए.डी.ई.-विज्ञान (अवकाशप्राप्त), शिक्षा विभाग, नयी दिल्ली; वी.एन. पाठक, *प्रोफ़ेसर* (रसायन विज्ञान), राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर, राजस्थान; ललिता एस. कुमार, *रीडर* (रसायन विज्ञान), स्कूल ऑफ़ साइंसेज, इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली; पी.एन. वार्ष्णेय, *प्राचार्य* (अवकाशप्राप्त), शिक्षा विभाग, नयी दिल्ली; सतीश चंद्र सक्सेना, उपनिदेशक (अवकाशप्राप्त), वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग, नयी दिल्ली; राम आसरे सिंह, *रीडर* (रसायन विज्ञान), टी.डी.पी.जी. कॉलेज, जौनपुर, उत्तर प्रदेश; शशि प्रभा, *प्रवक्ता*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

परिषद्, इस पुस्तक के अध्याय 16 'प्राकृतिक संसाधनों का संपोषित प्रबंधन' का अद्यतन करने तथा इस पुस्तक का पुनरवलोकन करने के लिए सुनीता फरक्या, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम.; पुष्पलता वर्मा, *असिस्टेंट प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम.; के.सी. त्रिपाठी, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एल. और जतिन्द्र मोहन मिश्र, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एल. की विशेष आभारी है।

इस पुस्तक का पुनरवलोकन करने में सहयोग के लिए परिषद् आर.एस. सिंधु, (अवकाशप्राप्त) डी.ई.एस.एम.; वी.पी. श्रीवास्तव, *प्रोफ़ेसर* (अवकाशप्राप्त), डी.ई.एस.एम.; आर.के. पाराशर, रचना गर्ग, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम.; वी.वी. आनन्द, *प्रोफ़ेसर* (अवकाशप्राप्त), आर.आई.ई. मैसूर; वी.पी. सिंह, *प्रोफ़ेसर*, आर.आई.ई. अजमेर; एस.वी. शर्मा, *प्रोफ़ेसर*, आर.आई.ई. अजमेर; आर. जोशी, *एसोसिएट प्रोफ़ेसर* (अवकाशप्राप्त), डी.ई.एस.एम.; सी.वी. शिमरे, रुचि वर्मा, *एसोसिएट प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम.; रामबाबू पारिक, *एसोसिएट प्रोफ़ेसर*, आर.आई.ई., अजमेर; आशीष कुमार श्रीवास्तव, रेजाउल करीम बडभुइया, प्रमिला तँवर, *असिस्टेंट प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम.; आर.आर.

कोइरंग, *असिस्टेंट प्रोफ़ेसर*, डी.सी.एस.; वी-थंगपु, *असिस्टेंट प्रोफ़ेसर*, आर.आई.ई., मैसूर और अखिलेश्वर मिश्रा, *प्रधानाध्यापक*, डी.एम.एस., आर.आई.ई. भुवनेश्वर की भी विशेष आभारी है।

शैक्षिक प्रशासनिक सहयोग के लिए परिषद् हुकुम सिंह, *प्रोफ़ेसर* तथा *विभागाध्यक्ष*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली की विशेष आभारी हैं।

प्रकाशन कार्य में सक्रिय सहयोग के लिए परिषद् डी.ई.एस.एम.; के ए.पी.सी. कार्यालय तथा प्रशासकीय कर्मचारियों; दीपक कपूर, *कंप्यूटर स्टेशन प्रभारी*, डी.ई.एस.एम.; साएमा, इंद्र कुमार, *डी.टी.पी. ऑपरेटर*; सीमा यादव, अंजना बख्शी, *कॉपी एडीटर*; योगिता शर्मा, बबीता, *प्रूफ रीडर* के प्रति हार्दिक रूप से आभार प्रकट करती है।

इस पुस्तक के निर्माण में प्रकाशन विभाग, एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली का सहयोग प्रशंसनीय है।

विषय-सूची

	आमुख	*iii*
	पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन	*v*
	प्रस्तावना	*vii*
अध्याय 1	रासायनिक अभिक्रियाएँ एवं समीकरण	1
अध्याय 2	अम्ल, क्षारक एवं लवण	19
अध्याय 3	धातु एवं अधातु	41
अध्याय 4	कार्बन एवं उसके यौगिक	64
अध्याय 5	जैव प्रक्रम	88
अध्याय 6	नियंत्रण एवं समन्वय	111
अध्याय 7	जीव जनन कैसे करते हैं	125
अध्याय 8	आनुवांशिकता	141
अध्याय 9	प्रकाश – परावर्तन तथा अपवर्तन	148
अध्याय 10	मानव नेत्र तथा रंग-बिरंगा संसार	178
अध्याय 11	विद्युत	190
अध्याय 12	विद्युत धारा के चुंबकीय प्रभाव	216
अध्याय 13	हमारा पर्यावरण	230
उत्तरमाला		240

विषय-सूची

भारत का संविधान

उद्देशिका

हम, भारत के लोग, भारत को एक [1][**संपूर्ण प्रभुत्व-संपन्न समाजवादी पंथनिरपेक्ष लोकतंत्रात्मक गणराज्य**] बनाने के लिए, तथा उसके समस्त नागरिकों को :

सामाजिक, आर्थिक और राजनैतिक **न्याय,**

विचार, अभिव्यक्ति, विश्वास, धर्म

और उपासना की **स्वतंत्रता,**

प्रतिष्ठा और अवसर की **समता**

प्राप्त कराने के लिए,

तथा उन **सब में**

व्यक्ति की गरिमा और [2][**राष्ट्र की एकता**

और अखंडता] सुनिश्चित करने वाली **बंधुता**

बढ़ाने के लिए

दृढ़संकल्प होकर **अपनी इस संविधान सभा में** आज तारीख 26 नवंबर, 1949 ई. को **एतद्द्वारा इस संविधान को अंगीकृत, अधिनियमित और आत्मार्पित करते हैं।**

---

1. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''प्रभुत्व-संपन्न लोकतंत्रात्मक गणराज्य'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।
2. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''राष्ट्र की एकता'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।

अध्याय 1

रासायनिक अभिक्रियाएँ एवं समीकरण

1065CH01

अपने दैनिक जीवन की निम्नलिखित परिस्थितियों पर ध्यान दीजिए और विचार कीजिए कि क्या होता है जब

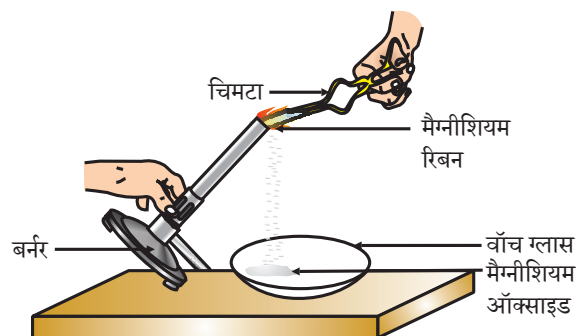
- गर्मियों में कमरे के ताप पर दूध को खुला छोड़ दिया जाता है।
- लोहे का तवा अथवा तसला अथवा कील को आर्द्र वायुमंडल में खुला छोड़ दिया जाता है।
- अंगूर का किण्वन हो जाता है।
- भोजन पकाया जाता है।
- हमारा शरीर भोजन को पचा लेता है।
- हम साँस लेते हैं।

इन सभी परिस्थितियों में प्रारंभिक वस्तु की प्रकृति तथा पहचान कुछ न कुछ बदल जाती है। पदार्थ के भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तनों के बारे में हम पिछली कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। जब कोई रासायनिक परिवर्तन होता है तो हम कह सकते हैं कि एक रासायनिक अभिक्रिया हुई है।

आप शायद सोच रहे होंगे कि रासायनिक अभिक्रिया का वास्तविक अर्थ क्या है। हम कैसे जान सकते हैं कि कोई रासायनिक अभिक्रिया हुई है? इन प्रश्नों के उत्तर पाने के लिए आइए, हम कुछ क्रियाकलाप करते हैं।

क्रियाकलाप 1.1

सावधानी— इस क्रियाकलाप में शिक्षक के सहयोग की आवश्यकता है। सुरक्षा के लिए छात्र आँखों पर चश्मा पहन लें तो उचित होगा।

- लगभग 3–4 cm लंबे मैग्नीशियम रिबन को रेगमाल से रगड़कर साफ़ कर लीजिए।
- इसे चिमटे से पकड़कर स्पिरिट लैंप या बर्नर से इसका दहन करिए तथा इससे बनी राख को वॉच ग्लास में इकट्ठा कर लीजिए जैसा कि चित्र 1.1 में दिखाया गया है। मैग्नीशियम रिबन का दहन करते समय इसे अपनी आँखों से यथासंभव दूर रखिए।
- आपने क्या प्रेक्षण किया?

चित्र 1.1
मैग्नीशियम रिबन का वायु में दहन कर मैग्नीशियम ऑक्साइड को वॉच ग्लास में इकट्ठा करना

आपने देखा होगा कि चमकदार श्वेत लौ के साथ मैग्नीशियम रिबन का दहन होता है और यह श्वेत चूर्ण में परिवर्तित हो जाता है। यह मैग्नीशियम ऑक्साइड का चूर्ण है। वायु में उपस्थित ऑक्सीजन तथा मैग्नीशियम के बीच होने वाली अभिक्रिया के कारण यह बनता है।

क्रियाकलाप 1.2

- एक परखनली में लेड (सीसा) नाइट्रेट का घोल लीजिए।
- इसमें पोटैशियम आयोडाइड का घोल मिला दीजिए।
- आपने क्या प्रेक्षण किया?

क्रियाकलाप 1.3

- एक शंक्वाकार फ्लास्क या परखनली में कुछ दानेदार जिंक लीजिए।
- इसमें तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल या सल्फ़्यूरिक अम्ल मिला दीजिए (चित्र 1.2)
  सावधानी— अम्ल का इस्तेमाल सावधानी से कीजिए।
- क्या जस्ते के दानों के आस-पास कुछ होता दिखाई दे रहा है?
- शंक्वाकार फ्लास्क या परखनली को स्पर्श कीजिए। क्या इसके तापमान में कोई परिवर्तन हुआ है?

चित्र 1.2
दानेदार जस्ते पर तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल की अभिक्रिया से हाइड्रोजन गैस का निर्माण

ऊपर दिए गए तीनों क्रियाकलापों के आधार पर हम कह सकते हैं कि निम्न किसी भी प्रेक्षण की सहायता से हम निर्धारित कर सकते हैं कि एक रासायनिक अभिक्रिया हुई है—

- अवस्था में परिवर्तन
- रंग में परिवर्तन
- गैस का निकास अथवा उत्सर्जन
- तापमान में परिवर्तन

यदि हम अपने आस-पास हो रहे परिवर्तनों को देखें, तो पाएँगे कि हमारे चारों ओर विविध प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाएँ हो रही हैं। इस अध्याय में हम विभिन्न प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाओं और उनके प्रतीकात्मक निरूपण का अध्ययन करेंगे।

1.1 रासायनिक समीकरण

क्रियाकलाप 1.1 का विवरण— जब ऑक्सीजन की उपस्थिति में मैग्नीशियम रिबन का दहन होता है तब यह मैग्नीशियम ऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। वाक्य के रूप में किसी रासायनिक अभिक्रिया का विवरण बहुत लंबा हो जाता है। इसे संक्षिप्त रूप में भी लिखा जा सकता है। इसे शब्द-समीकरण के रूप में लिखना सबसे सरलतम विधि है।

ऊपर दी गई अभिक्रिया का शब्द-समीकरण इस प्रकार होगा—

मैग्नीशियम + ऑक्सीजन ⟶ मैग्नीशियम ऑक्साइड (1.1)
(अभिकारक) (उत्पाद)

अभिक्रिया (1.1) में मैग्नीशियम तथा ऑक्सीजन ऐसे पदार्थ हैं, जिनमें रासायनिक परिवर्तन होता है, इन्हें अभिकारक कहते हैं। इस अभिक्रिया से एक नए पदार्थ मैग्नीशियम ऑक्साइड का निर्माण होता है, इसे उत्पाद कहते हैं।

शब्द-समीकरण में अभिकारकों के उत्पाद में परिवर्तन को उनके मध्य एक तीर का निशान लगाकर दर्शाया जाता है। अभिकारकों के बीच योग (+) का चिह्न लगाकर उन्हें बाईं ओर (LHS) लिखा जाता है। इसी प्रकार उत्पादों के बीच भी योग (+) का चिह्न लगाकर उन्हें दाईं ओर (RHS) लिखा जाता है। तीर का सिरा उत्पाद की ओर होता है तथा यह अभिक्रिया होने की दिशा को दर्शाता है।

1.1.1 रासायनिक समीकरण लिखना

क्या रासायनिक समीकरण के निरूपण की इससे भी संक्षिप्त विधि है? शब्दों की जगह रासायनिक सूत्र का उपयोग करके रासायनिक समीकरणों को अधिक संक्षिप्त तथा उपयोगी बनाया जा सकता है। रासायनिक समीकरण किसी रासायनिक अभिक्रिया को दर्शाता है। यदि आप मैग्नीशियम, ऑक्सीजन तथा मैग्नीशियम ऑक्साइड के सूत्रों का स्मरण करें तो उपरोक्त शब्द-समीकरण इस प्रकार लिखा जा सकता हैः

$$Mg + O_2 \longrightarrow MgO \qquad (1.2)$$

तीर के निशान के बाईं और दाईं ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्या की गिनती कर उनकी तुलना करें। क्या दोनों ओर तत्वों के परमाणुओं की संख्या समान है? यदि है, तो समीकरण संतुलित है। यदि नहीं, तो समीकरण असंतुलित है, क्योंकि समीकरण के दोनों ओर का द्रव्यमान बराबर नहीं है। किसी अभिक्रिया का ऐसा रासायनिक समीकरण ढाँचा रासायनिक समीकरण कहलाता है। इस प्रकार समीकरण (1.2) मैग्नीशियम के वायु में जलने का ढाँचा समीकरण है।

1.1.2 संतुलित रासायनिक समीकरण का महत्व

आपको द्रव्यमान के संरक्षण का नियम स्मरण होगा, जिसका आपने नवीं कक्षा में अध्ययन किया था— किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान का न तो निर्माण होता है न ही विनाश। अर्थात किसी भी रासायनिक अभिक्रिया के उत्पाद तत्वों का कुल द्रव्यमान अभिकारक तत्वों के कुल द्रव्यमान के बराबर होता है।

दूसरे शब्दों में, रासायनिक अभिक्रिया के पहले एवं उसके पश्चात प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या समान रहती है। इसलिए हमें कंकाली समीकरण को संतुलित करना आवश्यक है। क्या रासायनिक समीकरण (1.2) संतुलित है? आइए हम रासायनिक समीकरण को चरणबद्ध संतुलित करना सीखें।

क्रियाकलाप 1.3 के शब्द-समीकरण को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है—

जिंक + सल्फ़्यूरिक अम्ल ⟶ जिंक सल्फ़ेट + हाइड्रोजन

उपरोक्त शब्द-समीकरण को निम्नलिखित रासायनिक समीकरण से दर्शाया जा सकता हैः

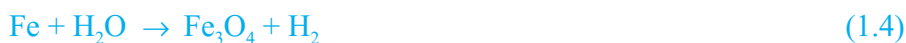
$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2 \qquad (1.3)$$

आइए, समीकरण (1.3) में तीर के निशान के दोनों ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्या की तुलना करें।

तत्व	अभिकारकों में परमाणुओं की संख्या (LHS)	उत्पाद में परमाणुओं की संख्या (RHS)
Zn	1	1
H	2	2
S	1	1
O	4	4

समीकरण (1.3) में, तीर के निशान के दोनों ओर के प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या समान है इसलिए यह एक संतुलित रासायनिक समीकरण है।

अब हम निम्न रासायनिक समीकरण को संतुलित करने का प्रयास करते हैं—

$$Fe + H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + H_2 \qquad (1.4)$$

चरण 1: रासायनिक समीकरण को संतुलित करने के लिए सबसे पहले प्रत्येक सूत्र के चारों ओर एक बॉक्स बना लीजिए। समीकरण को संतुलित करते समय बॉक्स के अंदर कुछ भी परिवर्तन नहीं कीजिए।

$$\boxed{Fe} + \boxed{H_2O} \rightarrow \boxed{Fe_3O_4} + \boxed{H_2} \qquad (1.5)$$

चरण 2: असंतुलित समीकरण (1.5) में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्या की सूची बना लीजिए।

तत्व	अभिकारकों में परमाणुओं की संख्या (LHS)	उत्पाद में परमाणुओं की संख्या (RHS)
Fe	1	3
H	2	2
O	1	4

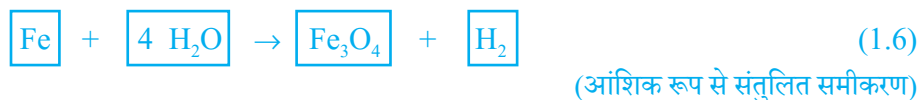
चरण 3: सुविधा के लिए सबसे अधिक परमाणु वाले यौगिक को पहले संतुलित कीजिए चाहे वह अभिकारक हो या उत्पाद। उस यौगिक में सबसे अधिक परमाणु वाले तत्व को चुनिए। इस आधार पर हम Fe_3O_4 और उसके ऑक्सीजन तत्व को चुनते हैं। दाईं ओर ऑक्सीजन के चार परमाणु हैं जबकि बाईं ओर केवल एक।

ऑक्सीजन परमाणु को संतुलित करने के लिए—

ऑक्सीजन के परमाणु	अभिकारकों में	उत्पादों में
(i) प्रारंभ में	1 (H_2O में)	4 (Fe_3O_4 में)
(ii) संतुलित करने के लिए	1×4	4

यह याद रखना आवश्यक है कि परमाणुओं की संख्या को बराबर करने के लिए हम अभिक्रिया में शामिल तत्वों तथा यौगिकों के सूत्रों को नहीं बदल सकते हैं। जैसे कि ऑक्सीजन परमाणु को

संतुलित करने के लिए हम '4' गुणांक लगाकर 4 H_2O लिख सकते हैं, लेकिन H_2O_4 या $(H_2O)_4$ नहीं। आंशिक रूप से संतुलित समीकरण अब इस प्रकार होगा—

$$\boxed{Fe} + \boxed{4\ H_2O} \rightarrow \boxed{Fe_3O_4} + \boxed{H_2} \quad (1.6)$$

(आंशिक रूप से संतुलित समीकरण)

चरण 4: Fe तथा H परमाणु अब भी संतुलित नहीं हैं। इनमें से किसी एक तत्व को चुनकर आगे बढ़ते हैं। अब हम आंशिक रूप से संतुलित समीकरण में हाइड्रोजन परमाणु को संतुलित करते हैं:

हाइड्रोजन परमाणु को बराबर करने के लिए दाईं ओर हाइड्रोजन अणु की संख्या को '4' कर देते हैं।

हाइड्रोजन के परमाणु	अभिकारकों में	उत्पादों में
(i) प्रारंभ में	8 ($4H_2O$ में)	2 (H_2 में)
(ii) संतुलित करने के लिए	8	2×4

समीकरण अब इस प्रकार होगा—

$$\boxed{Fe} + \boxed{4\ H_2O} \rightarrow \boxed{Fe_3O_4} + 4\boxed{H_2} \quad (1.7)$$

(आंशिक रूप से संतुलित समीकरण)

चरण 5: ऊपर दिए समीकरण की जाँच कीजिए तथा तीसरा तत्व चुन लीजिए जो अब तक असंतुलित है। आप पाएँगे कि केवल लोहा ही एक तत्व है, जिसे संतुलित करना शेष है।

लोहे (आयरन) के परमाणु	अभिकारकों में	उत्पादों में
(i) प्रारंभ में	1 (Fe में)	3 (Fe_3O_4 में)
(ii) संतुलन के लिए	1×3	3

Fe को संतुलित करने के लिए बाईं ओर हम Fe के 3 परमाणु लेते हैं।

$$3\boxed{Fe} + \boxed{4\ H_2O} \rightarrow \boxed{Fe_3O_4} + 4\boxed{H_2} \quad (1.8)$$

चरण 6: अंत में, इस संतुलित समीकरण की जाँच के लिए हम समीकरण में दोनों ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्याओं का परिकलन करते हैं।

$$3\ Fe + 4\ H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4\ H_2 \quad (1.9)$$

(संतुलित समीकरण)

समीकरण (1.9) में दोनों ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्या बराबर है। अतः यह समीकरण अब संतुलित है। रासायनिक समीकरणों को संतुलित करने की इस विधि को **हिट एंड ट्रायल** विधि कहते हैं, क्योंकि सबसे छोटी पूर्णांक संख्या के गुणांक का उपयोग करके समीकरण को संतुलित करने का प्रयत्न करते हैं।

चरण 7: भौतिक अवस्थाओं के संकेत लिखना— ऊपर लिखे संतुलित समीकरण (1.9) की सावधानी से जाँच कीजिए। क्या इस समीकरण से हमें अभिकारकों तथा उत्पादों की भौतिक अवस्था के बारे में भी ज्ञान होता है? इस समीकरण में उनकी भौतिक अवस्थाओं की कोई जानकारी नहीं है।

रासायनिक समीकरण को अधिक सूचनापूर्ण बनाने के लिए अभिकारकों तथा उत्पादों के रासायनिक सूत्र के साथ उनकी भौतिक अवस्था को भी दर्शाया जाता है। अभिकारकों तथा उत्पादों के गैस, द्रव, जलीय तथा ठोस अवस्थाओं को क्रमशः (g), (l), (aq) तथा (s) से दर्शाया जाता है। अभिकारक या उत्पाद जब जल में घोल के रूप में उपस्थित होते हैं तब हम (aq) लिखते हैं।

अब संतुलित समीकरण (1.9) इस प्रकार होगा—

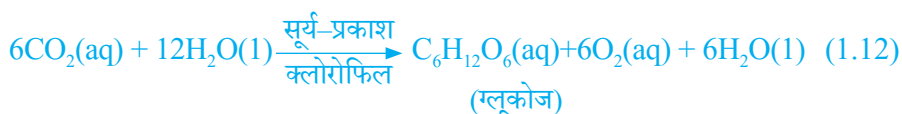
$$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 4H_2(g) \qquad (1.10)$$

ध्यान दीजिए समीकरण (1.10) में H_2O के साथ (g) चिह्न का उपयोग किया गया है। यह दर्शाता है कि इस अभिक्रिया में जल का उपयोग भाप के रूप में किया गया है।

प्रायः हर रासायनिक समीकरण में भौतिक अवस्था को शामिल नहीं किया जाता है, जब तक कि यह आवश्यक न हो।

कभी-कभी अभिक्रिया की परिस्थितियाँ जैसे कि ताप, दाब, उत्प्रेरक आदि को भी तीर के निशान के ऊपर या नीचे दर्शाया जाता है, जैसे–

$$CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow{340atm} CH_3OH(1)$$

$$6CO_2(aq) + 12H_2O(1) \xrightarrow[\text{क्लोरोफिल}]{\text{सूर्य–प्रकाश}} \underset{\text{(ग्लूकोज)}}{C_6H_{12}O_6(aq)} + 6O_2(aq) + 6H_2O(1) \qquad (1.12)$$

इसी प्रकार क्या आप पुस्तक में दिए गए समीकरण (1.2) को संतुलित कर सकते हैं?

प्रश्न

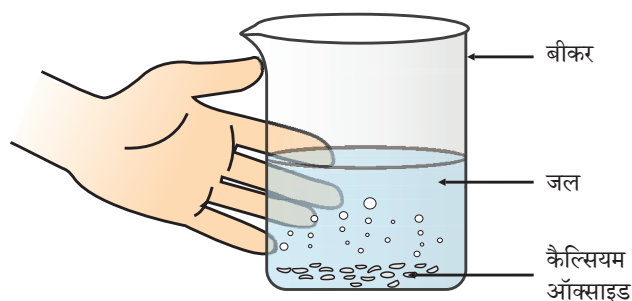
1. वायु में जलाने से पहले मैग्नीशियम रिबन को साफ़ क्यों किया जाता है?
2. निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए संतुलित समीकरण लिखिए—
   (i) हाइड्रोजन + क्लोरीन ⟶ हाइड्रोजन क्लोराइड
   (ii) बेरियम क्लोराइड + ऐलुमीनियम सल्फ़ेट ⟶ बेरियम सल्फ़ेट + ऐलुमीनियम क्लोराइड
   (ii) सोडियम + जल ⟶ सोडियम हाइड्रॉक्साइड + हाइड्रोजन
3. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए उनकी अवस्था के संकेतों के साथ संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए—
   (i) जल में बेरियम क्लोराइड तथा सोडियम सल्फ़ेट के विलयन अभिक्रिया करके सोडियम क्लोराइड का विलयन तथा अघुलनशील बेरियम सल्फ़ेट का अवक्षेप बनाते हैं।
   (ii) सोडियम हाइड्रोक्साइड का विलयन (जल में) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन (जल में) से अभिक्रिया करके सोडियम क्लोराइड का विलयन तथा जल बनाते हैं।

1.2 रासायनिक अभिक्रियाओं के प्रकार

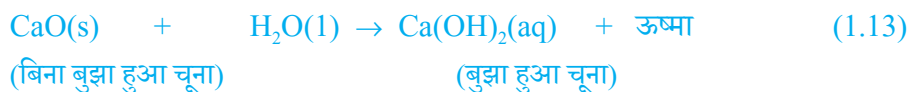
कक्षा 9 में हम अध्ययन कर चुके हैं कि रासायनिक क्रिया के समय किसी एक तत्व का परमाणु दूसरे तत्व के परमाणु में नहीं बदलता है। न तो कोई परमाणु मिश्रण से बाहर जाता है और न ही बाहर से मिश्रण में आता है। वास्तव में, किसी रासायनिक अभिक्रिया में परमाणुओं के आपसी आबंध के टूटने एवं जुड़ने से नए पदार्थों का निर्माण होता है। परमाणुओं के बीच विभिन्न प्रकार के आबंध के बारे में आप अध्याय 3 तथा 4 में अध्ययन करेंगे।

1.2.1 संयोजन अभिक्रिया

क्रियाकलाप 1.4

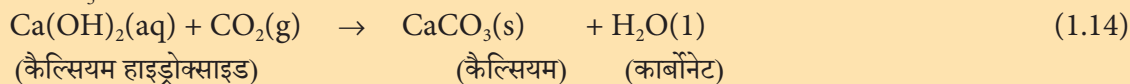
- एक बीकर में थोड़ा कैल्सियम ऑक्साइड तथा बुझा हुआ चूना लीजिए।
- इसमें धीरे-धीरे जल मिलाइए।
- अब बीकर को स्पर्श कीजिए जैसा चित्र 1.3 में दिखाया गया है।
- क्या इसके ताप में कोई परिवर्तन हुआ?

चित्र 1.3
जल के साथ कैल्सियम ऑक्साइड की अभिक्रिया से बुझे हुए चूने का निर्माण

कैल्सियम ऑक्साइड जल के साथ तीव्रता से अभिक्रिया करके बुझे हुए चूने (कैल्सियम हाइड्रोक्साइड) का निर्माण करके अधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करता है।

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + \text{ऊष्मा} \qquad (1.13)$$
(बिना बुझा हुआ चूना) (बुझा हुआ चूना)

इस अभिक्रिया में कैल्सियम ऑक्साइड तथा जल मिलकर एकल उत्पाद, कैल्सियम हाइड्रोक्साइड बनाते हैं। ऐसी अभिक्रिया जिसमें दो या दो से अधिक अभिकारक मिलकर एकल उत्पाद का निर्माण करते हैं उसे संयोजन अभिक्रिया कहते हैं।

क्या आप जानते हैं?

ऊपर की अभिक्रिया में निर्मित बुझे हुए चूने के विलयन का उपयोग दीवारों की सफ़ेदी करने के लिए किया जाता है। कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड वायु में उपस्थित कार्बन डाइऑक्साइड के साथ धीमी गति से अभिक्रिया करके दीवारों पर कैल्सियम कार्बोनेट की एक पतली परत बना देता है। सफ़ेदी करने के दो-तीन दिन बाद कैल्सियम कार्बोनेट का निर्माण होता है और इससे दीवारों पर चमक आ जाती है। रोचक बात यह है कि संगमरमर का रासायनिक सूत्र भी $CaCO_3$ ही है।

$$Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l) \qquad (1.14)$$
(कैल्सियम हाइड्रोक्साइड) (कैल्सियम) (कार्बोनेट)

आइए, संयोजन अभिक्रिया के कुछ और उदाहरणों पर चर्चा करें।

(i) कोयले का दहन

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad (1.15)$$

(ii) H_2 (g) तथा O_2 (g) से जल का निर्माण

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \quad (1.16)$$

सरल शब्दों में हम कह सकते हैं कि जब दो या दो से अधिक पदार्थ (तत्व या यौगिक) संयोग करके एकल उत्पाद का निर्माण करते हैं, ऐसी अभिक्रियाओं को **संयोजन अभिक्रिया** कहते हैं।

क्रियाकलाप 1.4 में हमने यह भी देखा कि अधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न हुई। इससे अभिक्रिया मिश्रण गर्म हो जाता है। जिन अभिक्रियाओं में उत्पाद के निर्माण के साथ-साथ ऊष्मा भी उत्पन्न होती है उन्हें **ऊष्माक्षेपी रासायनिक अभिक्रिया** कहते हैं।

ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाओं के कुछ अन्य उदाहरण हैं—

(i) प्राकृतिक गैस का दहन—

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + \text{ऊर्जा} \quad (1.17)$$

(ii) क्या आप जानते हैं कि श्वसन एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है?

हम सभी जानते हैं कि जीवित रहने के लिए हमें ऊर्जा की आवश्यकता होती है। यह ऊर्जा हमें भोजन से प्राप्त होती है। पाचन क्रिया के समय खाद्य पदार्थ छोटे-छोटे टुकड़ों में टूट जाते हैं। जैसे चावल, आलू तथा ब्रेड में कार्बोहाइड्रेट होता है। इन कार्बोहाइड्रेट के टूटने से ग्लूकोज़ प्राप्त होता है। यह ग्लूकोज़ हमारे शरीर की कोशिकाओं में उपस्थित ऑक्सीजन से मिलकर हमें ऊर्जा प्रदान करता है। इस अभिक्रिया का विशेष नाम श्वसन है, जिसका अध्ययन आप अध्याय 6 में करेंगे।

$$C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(aq) \rightarrow 6CO_2(aq) + 6H_2O(1) + \text{ऊर्जा}$$

(iii) शाक-सब्जियों (वनस्पति द्रव्य) का विघटित होकर कंपोस्ट बनना भी ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया का ही उदाहरण है।

चित्र 1.4
फ़ेरस सल्फ़ेट क्रिस्टल वाली परखनली को गर्म करने तथा गंध सूँघने की सही विधि

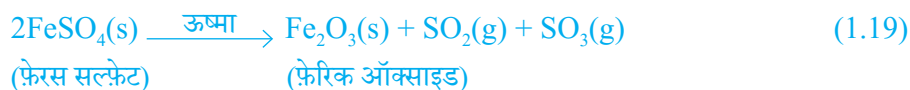
क्रियाकलाप 1.1 में दी गई अभिक्रिया के प्रकार को पहचानिए, जिसमें एकल उत्पाद के निर्माण के साथ ऊष्मा उत्पन्न होती है।

1.2.2 वियोजन (अपघटन) अभिक्रिया

क्रियाकलाप 1.5

- एक शुष्क क्वथन नली में 2g फ़ेरस सल्फ़ेट के क्रिस्टल लीजिए।
- फ़ेरस सल्फ़ेट के क्रिस्टल के रंग पर ध्यान दीजिए।
- क्वथन नली को बर्नर या स्पिरिट लैंप की ज्वाला पर गर्म कीजिए, जैसा चित्र 1.4 में दिखाया गया है।
- गर्म करने के पश्चात क्रिस्टल के रंग को देखिए।

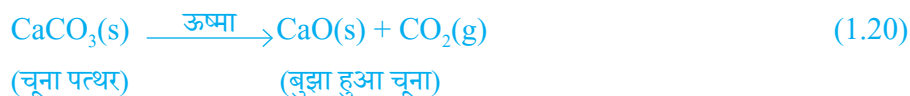
क्या आपने ध्यान दिया कि फ़ेरस सल्फ़ेट क्रिस्टल के हरे रंग में परिवर्तन हुआ है? सल्फ़र के दहन से उत्पन्न उस अभिलाक्षणिक (विशिष्ट) गंध को भी आप सूँघ सकते हैं।

$$2FeSO_4(s) \xrightarrow{\text{ऊष्मा}} Fe_2O_3(s) + SO_2(g) + SO_3(g) \qquad (1.19)$$

(फ़ेरस सल्फ़ेट) (फ़ेरिक ऑक्साइड)

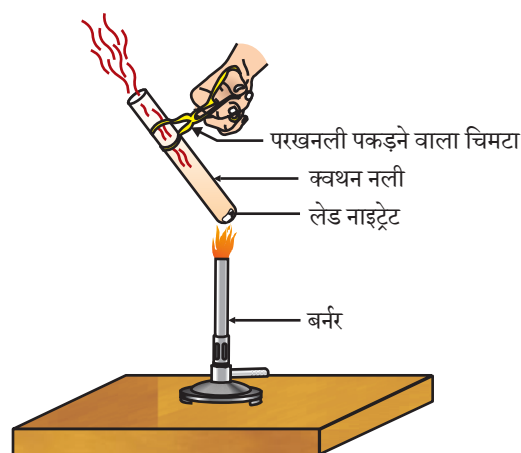
आप देख सकते हैं कि इस अभिक्रिया में एकल अभिकर्मक टूट कर छोटे-छोटे उत्पाद प्रदान करता है। यह एक **वियोजन** अभिक्रिया है। गर्म करने पर फ़ेरस सल्फ़ेट ($FeSO_4 . 7H_2O$) का क्रिस्टल जल त्याग देता है और क्रिस्टल का रंग बदल जाता है। इसके उपरांत यह फ़ेरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3), सल्फ़र डाइऑक्साइड (SO_2) तथा सल्फ़र ट्राइऑक्साइड (SO_3) में वियोजित हो जाता है। फ़ेरिक ऑक्साइड ठोस है, जबकि SO_2 तथा SO_3 गैसें हैं।

ऊष्मा देने पर कैल्सियम कार्बोनेट का कैल्सियम ऑक्साइड तथा कार्बन डाइऑक्साइड में वियोजित होना एक प्रमुख वियोजन अभिक्रिया है, जिसका उपयोग विभिन्न उद्योगों में होता है। कैल्सियम ऑक्साइड को चूना या बिना बुझा हुआ चूना कहते हैं। इसके अनेक उपयोगों में से एक उपयोग सीमेंट के निर्माण में होता है। ऊष्मा के द्वारा की गई वियोजन अभिक्रिया को ऊष्मीय वियोजन कहते हैं।

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\text{ऊष्मा}} CaO(s) + CO_2(g) \qquad (1.20)$$

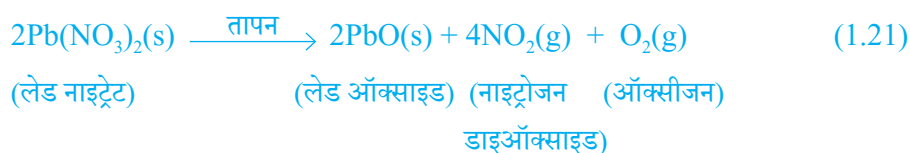
(चूना पत्थर) (बुझा हुआ चूना)

ऊष्मीय वियोजन अभिक्रिया का एक अन्य उदाहरण क्रियाकलाप 1.6 में दिया गया है।

क्रियाकलाप 1.6

- एक क्वथन नली में 2 g लेड नाइट्रेट का चूर्ण लीजिए।
- चिमटे से क्वथन नली को पकड़कर ज्वाला के ऊपर रखकर इसे गर्म कीजिए जैसा चित्र 1.5 में दिखाया गया है।
- आपने क्या देखा? यदि कोई परिवर्तन हुआ है तो उसे नोट कर लीजिए।

चित्र 1.5
लेड नाइट्रेट का तापन तथा नाइट्रोजन डाइऑक्साइड का उत्सर्जन

आप देखेंगे कि भूरे रंग का धुआँ उत्सर्जित होता है। यह नाइट्रोजन डाइऑक्साइड (NO_2) का धुआँ है। यह अभिक्रिया इस प्रकार होती है—

$$2Pb(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\text{तापन}} 2PbO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g) \qquad (1.21)$$

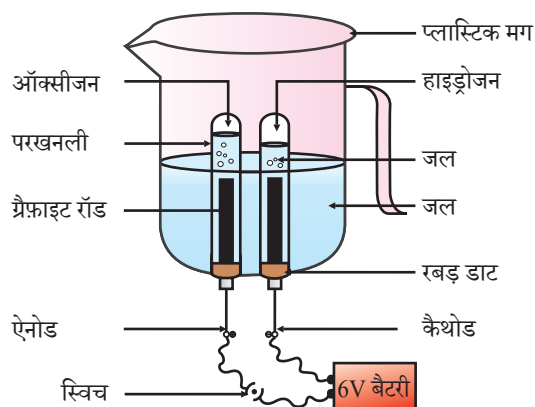
(लेड नाइट्रेट) (लेड ऑक्साइड) (नाइट्रोजन डाइऑक्साइड) (ऑक्सीजन)

आइए, क्रियाकलाप 1.7 तथा 1.8 में दी गई कुछ अन्य अपघटन अभिक्रियाएँ करें।

क्रियाकलाप 1.7

- एक प्लास्टिक का मग लीजिए। इसकी तली में दो छिद्र करके उनमें रबड़ की डाट लगा दीजिए। इन छिद्रों में कार्बन इलेक्ट्रोड डाल दीजिए जैसा कि चित्र 1.6 में दिखाया गया है।
- इन इलेक्ट्रोडों को 6 वोल्ट की बैटरी से जोड़ दीजिए।
- मग में इतना जल डालिए कि इलेक्ट्रोड उसमें डूब जाए। जल में तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल की कुछ बूँदें डाल दीजिए।
- जल से भरी दो अंशांकित परखनलियों को दोनों कार्बन इलेक्ट्रोडों के ऊपर उल्टा करके रख दीजिए।
- अब विद्युत धारा प्रवाहित करके इस उपकरण को थोड़ी देर के लिए छोड़ दीजिए।

चित्र 1.6 जल का वैद्युतअपघटन

- दोनों इलेक्ट्रोडों पर आप बुलबुले बनते हुए देखेंगे। ये बुलबुले अंशांकित नली से जल को विस्थापित कर देते हैं।
- क्या दोनों परखनलियों में एकत्रित गैस का आयतन समान है?
- जब दोनों परखनलियाँ गैस से भर जाएँ तब उन्हें सावधानीपूर्वक हटा लीजिए।
- एक जलती हुई मोमबत्ती को दोनों परखनलियों के मुँह के ऊपर लाकर इन गैसों की जाँच कीजिए।

  सावधानी— इस चरण को शिक्षक द्वारा सावधानीपूर्वक किया जाना चाहिए।
- दोनों स्थितियों में क्या होता है?
- दोनों परखनलियों में कौन सी गैस उपस्थित है?

चित्र 1.7
सूर्य के प्रकाश में सिल्वर क्लोराइड धूसर रंग का होकर सिल्वर धातु बनाता है।

क्रियाकलाप 1.8

- चायना डिश में 2 g सिल्वर क्लोराइड लीजिए।
- इसका रंग क्या है?
- इस चायना डिश को थोड़ी देर के लिए सूर्य के प्रकाश में रख दीजिए (चित्र 1.7)।
- थोड़ी देर पश्चात सिल्वर क्लोराइड के रंग को देखिए।

आप देखेंगे कि सूर्य के प्रकाश में श्वेत रंग का सिल्वर क्लोराइड धूसर रंग का हो जाता है। प्रकाश की उपस्थिति में सिल्वर क्लोराइड का सिल्वर तथा क्लोरीन में वियोजन के कारण से ऐसा होता है।

$$2AgCl(s) \xrightarrow{\text{सूर्य का प्रकाश}} 2Ag(s) + Cl_2(g) \qquad (1.22)$$

सिल्वर ब्रोमाइड भी इसी प्रकार अभिक्रिया करता है।

$$2AgBr(s) \xrightarrow{\text{सूर्य का प्रकाश}} 2Ag(s) + Br_2(g) \qquad (1.23)$$

ऊपर दी गई अभिक्रिया का उपयोग श्याम-श्वेत फ़ोटोग्राफी में किया जाता है। किस प्रकार की ऊर्जा के कारण यह वियोजन अभिक्रिया होती है?

हमने देखा कि वियोजन अभिक्रिया में अभिकारकों को तोड़ने के लिए ऊष्मा, प्रकाश या विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता होती है। जिन अभिक्रियाओं में ऊर्जा अवशोषित होती है, उन्हें ऊष्माशोषी अभिक्रिया कहते हैं।

निम्नलिखित क्रियाकलाप करें

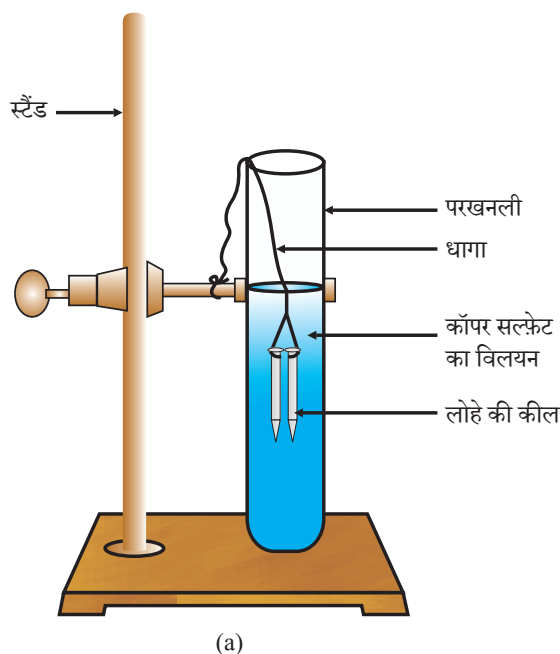
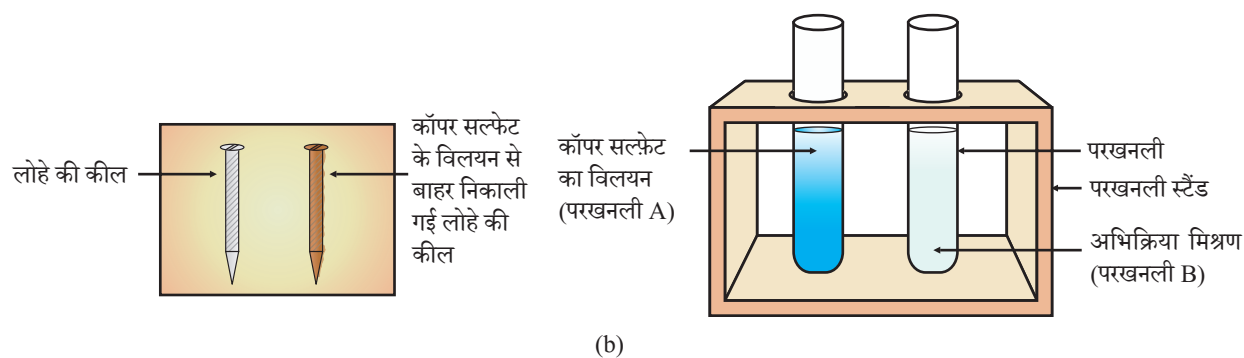
एक परखनली में लगभग 2 g बेरियम हाइड्रॉक्साइड लीजिए। इसमें 1 g अमोनियम क्लोराइड डालकर काँच की छड़ से मिलाइए। अपनी हथेली से परखनली के निचले सिरे को छुएँ। आप कैसा महसूस करते हैं? क्या यह अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी अथवा ऊष्माशोषी है?

प्रश्न

1. किसी पदार्थ 'X' के विलयन का उपयोग सफ़ेदी करने के लिए होता है।
   (i) पदार्थ 'X' का नाम तथा इसका सूत्र लिखिए।
   (ii) ऊपर (i) में लिखे पदार्थ 'X' की जल के साथ अभिक्रिया लिखिए।
2. क्रियाकलाप 1.7 में एक परखनली में एकत्रित गैस की मात्रा दूसरी से दोगुनी क्यों है? उस गैस का नाम बताइए।

1.2.3 विस्थापन अभिक्रिया

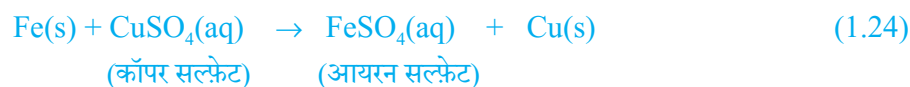
क्रियाकलाप 1.9

- लोहे की तीन कील लीजिए और उन्हें रेगमाल से रगड़कर साफ़ कीजिए।
- (A) तथा (B) से चिह्नित की हुई दो परखनलियाँ लीजिए। प्रत्येक परखनली में 10 mL कॉपर सल्फ़ेट का विलयन लीजिए।
- दो कीलों को धागे से बाँधकर सावधानीपूर्वक परखनली (B) के कॉपर सल्फ़ेट के विलयन में लगभग 20 मिनट तक (चित्र 1.8 a) डुबो कर रखिए। तुलना करने के लिए एक कील को अलग रखिए।
- 20 मिनट पश्चात दोनों कीलों को कॉपर सल्फ़ेट के विलयन से बाहर निकाल लीजिए।
- परखनली (A) तथा (B) में कॉपर सल्फ़ेट के विलयन के नीले रंग की तीव्रता की तुलना (चित्र 1.8 b) कीजिए।
- कॉपर सल्फ़ेट के विलयन में डूबी कीलों के रंग की तुलना बाहर रखी कील (चित्र 1.8 b) से कीजिए।

चित्र 1.8 (a)
कॉपर सल्फ़ेट के विलयन में डूबी हुई लोहे की कीलें

चित्र 1.8 (b) प्रयोग से पहले तथा उसके उपरांत लोहे की कील तथा कॉपर सल्फ़ेट के विलयन की तुलना

लोहे की कील का रंग भूरा क्यों हो गया तथा कॉपर सल्फ़ेट के विलयन का नीला रंग मलीन क्यों पड़ गया?

इस क्रियाकलाप में निम्नलिखित अभिक्रिया हुई—

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s) \quad (1.24)$$

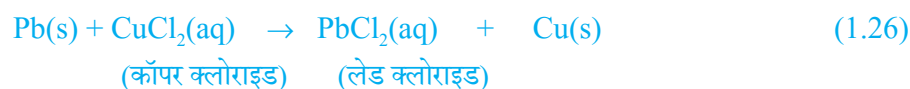
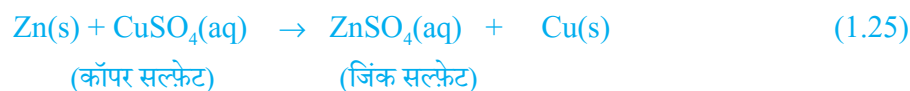
(कॉपर सल्फ़ेट) (आयरन सल्फ़ेट)

इस अभिक्रिया में लोहे (आयरन) ने दूसरे तत्व कॉपर को कॉपर सल्फ़ेट के विलयन से विस्थापित कर दिया या हटा दिया। इस अभिक्रिया को विस्थापन अभिक्रिया कहते हैं।

विस्थापन अभिक्रिया के कुछ अन्य उदाहरण—

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s) \quad (1.25)$$

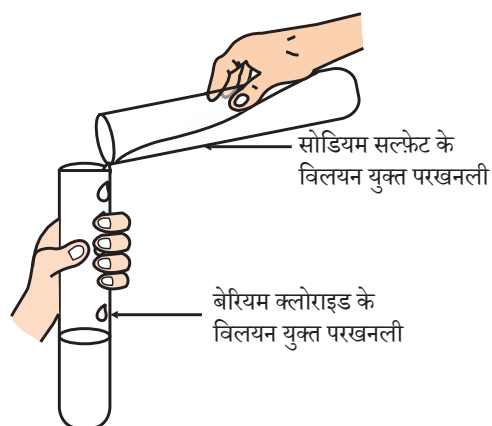
(कॉपर सल्फ़ेट) (जिंक सल्फ़ेट)

$$Pb(s) + CuCl_2(aq) \rightarrow PbCl_2(aq) + Cu(s) \quad (1.26)$$

(कॉपर क्लोराइड) (लेड क्लोराइड)

जिंक तथा लेड, कॉपर की अपेक्षा अधिक क्रियाशील तत्व हैं। वे कॉपर को उसके यौगिक से विस्थापित कर देते हैं।

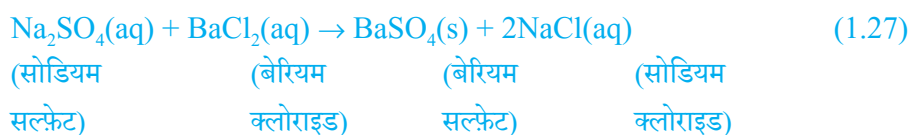
1.2.4 द्विविस्थापन अभिक्रिया

क्रियाकलाप 1.10

- एक परखनली में 3 mL सोडियम सल्फ़ेट का विलयन लीजिए।
- एक अन्य परखनली में 3 mL बेरियम क्लोराइड लीजिए।
- दोनों विलयनों को (चित्र 1.9) मिला लीजिए।
- आपने क्या देखा?

चित्र 1.9
बेरियम सल्फ़ेट तथा सोडियम क्लोराइड का निर्माण

आप देखेंगे कि श्वेत रंग के एक पदार्थ का निर्माण होता है, जो जल में अविलेय है। इस अविलेय पदार्थ को अवक्षेप कहते हैं। जिस अभिक्रिया में अवक्षेप का निर्माण होता है, उसे अवक्षेपण अभिक्रिया कहते हैं।

$$Na_2SO_4(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2NaCl(aq) \quad (1.27)$$

(सोडियम सल्फ़ेट) (बेरियम क्लोराइड) (बेरियम सल्फ़ेट) (सोडियम क्लोराइड)

ऐसा क्यों होता है? Ba^{2+} तथा SO_4^{2-} की अभिक्रिया से $BaSO_4$ के अवक्षेप का निर्माण होता है। एक अन्य उत्पाद सोडियम कलोराइड का भी निर्माण होता है, जो विलयन में ही रहता है। वे अभिक्रियाएँ, जिनमें अभिकारकों के बीच आयनों का आदान-प्रदान होता है, उन्हें **द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ** कहते हैं।

क्रियाकलाप 1.2 पर ध्यान दें, जिसमें आपने लेड (II) नाइट्रेट तथा पोटैशियम आयोडाइड के विलयनों को मिश्रित किया था।

(i) अवक्षेप किस रंग का था? क्या आप अवक्षेपित यौगिक का नाम बता सकते हैं?
(ii) इस अभिक्रिया के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।
(iii) क्या यह भी द्विविस्थापन अभिक्रिया है?

1.2.5 उपचयन एवं अपचयन

क्रियाकलाप 1.11

- चायना डिश में 1 g कॉपर चूर्ण लेकर उसे गर्म कीजिए। (चित्र 1.10)
- आपने क्या देखा?

चित्र 1.10
कॉपर का कॉपर आक्साइड में उपचयन

कॉपर चूर्ण की सतह पर कॉपर ऑक्साइड (II) की काली परत चढ़ जाती है। यह काला पदार्थ क्यों बना?
यह कॉपर ऑक्साइड कॉपर में ऑक्सीजन के योग से बना है।

$$2Cu + O_2 \xrightarrow{\text{तापन}} 2CuO \quad (1.28)$$

यदि इस गर्म पदार्थ (CuO) के ऊपर हाइड्रोजन गैस प्रवाहित की जाए तो सतह की काली परत भूरे रंग की हो जाती है, क्योंकि इस स्थिति में विपरीत अभिक्रिया संपन्न होती है तथा कॉपर प्राप्त होता है।

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\text{तापन}} Cu + H_2O \quad (1.29)$$

अभिक्रिया के समय जब किसी पदार्थ में ऑक्सीजन की वृद्धि होती है तो कहते हैं कि उसका उपचयन हुआ है। तथा जब अभिक्रिया में किसी पदार्थ में ऑक्सीजन का ह्रास होता है तो कहते हैं कि उसका अपचयन हुआ है।

अभिक्रिया (1.29) में कॉपर (II) ऑक्साइड में ऑक्सीजन का ह्रास हो रहा है इसलिए यह अपचयित हुआ है। हाइड्रोजन में ऑक्सीजन की वृद्धि हो रही है इसलिए यह उपचयित हुआ है। अर्थात, किसी अभिक्रिया में एक अभिकारक उपचयित तथा दूसरा अभिकारक अपचयित होता है। इन अभिक्रियाओं को **उपचयन-अपचयन** अथवा **रेडॉक्स** अभिक्रियाएँ कहते हैं।

उपचयन

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\text{तापन}} Cu + H_2O \qquad (1.30)$$

अपचयन

रेडॉक्स अभिक्रिया के कुछ अन्य उदाहरण है—

$$ZnO + C \rightarrow Zn + CO \qquad (1.31)$$

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2 \qquad (1.32)$$

अभिक्रिया (1.31) में कार्बन उपचयित होकर CO तथा ZnO अपचयित होकर Zn बनता है।

अभिक्रिया (1.32) में HCl, Cl_2 में उपचयित तथा MnO_2, $MnCl_2$ में अपचयित हुआ है।

ऊपर के उदाहरणों के आधार पर हम कह सकते हैं कि यदि किसी अभिक्रिया में पदार्थ का उपचयन तब होता है, जब उसमें ऑक्सीजन की वृद्धि या हाइड्रोजन का ह्रास होता है। पदार्थ का अपचयन तब होता है, जब उसमें ऑक्सीजन का ह्रास या हाइड्रोजन की वृद्धि होती है।

क्रियाकलाप 1.1 पर ध्यान दीजिए, जिसमें एक चमकदार ज्वाला के साथ मैग्नीशियम रिबन का वायु (ऑक्सीजन) में दहन होता है तथा यह श्वेत पदार्थ मैग्नीशियम ऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। इस अभिक्रिया में मैग्नीशियम का उपचयन होता है या अपचयन?

1.3 क्या आपने दैनिक जीवन में उपचयन अभिक्रियाओं के प्रभावों को देखा है?

1.3.1 संक्षारण

आपने अवश्य देखा होगा कि लोहे की बनी नई वस्तुएँ चमकीली होती हैं, लेकिन कुछ समय पश्चात उन पर लालिमायुक्त भूरे रंग की परत चढ़ जाती है। प्रायः इस प्रक्रिया को लोहे पर जंग लगना कहते हैं। कुछ अन्य धातुओं में भी ऐसा ही परिवर्तन होता है। क्या आपने चाँदी तथा ताँबे पर चढ़ने वाली परत के रंग पर ध्यान दिया है? जब कोई धातु अपने आस-पास अम्ल, आर्द्रता आदि के संपर्क में आती है तब ये संक्षारित होती हैं और इस प्रक्रिया को **संक्षारण** कहते हैं। चाँदी के ऊपर काली पर्त व ताँबे के ऊपर हरी पर्त चढ़ना संक्षारण के अन्य उदाहरण हैं।

संक्षारण के कारण कार के ढाँचे, पुल, लोहे की रेलिंग, जहाज तथा धातु, विशेषकर लोहे से बनी वस्तुओं की बहुत क्षति होती है। लोहे का संक्षारण एक गंभीर समस्या है। क्षतिग्रस्त लोहे को बदलने में हर वर्ष अधिक पैसा खर्च होता है। अध्याय 3 में आपको संक्षारण के बारे में अधिक जानकारी प्राप्त होगी।

1.3.2 विकृतगंधिता

वसायुक्त अथवा तैलीय खाद्य सामग्री जब लंबे समय तक रखी रह जाती है तब उसका स्वाद या गंध कैसी होती है?

उपचयित होने पर तेल एवं वसा विकृतगंधी हो जाते हैं तथा उनके स्वाद तथा गंध बदल जाते हैं। प्रायः तैलीय तथा वसायुक्त खाद्य सामग्रियों में उपचयन रोकने वाले पदार्थ (प्रति ऑक्सीकारक) मिलाए जाते हैं। वायुरोधी बर्तनों में खाद्य सामग्री रखने से उपचयन की गति धीमी हो जाती है। क्या आप जानते हैं कि चिप्स बनाने वाले चिप्स की थैली में से ऑक्सीजन हटाकर उसमें नाइट्रोजन जैसी कम सक्रिय गैस से युक्त कर देते हैं ताकि चिप्स का उपचयन न हो सके।

प्रश्न

1. जब लोहे की कील को कॉपर सल्फ़ेट के विलयन में डुबोया जाता है तो विलयन का रंग क्यों बदल जाता है?
2. क्रियाकलाप 1.10 से भिन्न द्विविस्थापन अभिक्रिया का एक उदाहरण दीजिए।
3. निम्न अभिक्रियाओं में उपचयित तथा अपचयित पदार्थों की पहचान कीजिए:
   (i) $4Na(s) + O_2(g) \rightarrow 2Na_2O(s)$
   (ii) $CuO(s) + H_2(g) \rightarrow Cu(s) + H_2O(l)$

आपने क्या सीखा

- एक पूर्ण रासायनिक समीकरण अभिकारक, उत्पाद एवं प्रतीकात्मक रूप से उनकी भौतिक अवस्था को प्रदर्शित करता है।
- रासायनिक समीकरण को संतुलित किया जाता है, जिससे समीकरण में अभिकारक तथा उत्पाद, दोनों ही ओर रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले प्रत्येक परमाणु की संख्या समान हो। समीकरण का संतुलित होना आवश्यक है।
- संयोजन अभिक्रिया में दो या दो से अधिक पदार्थ मिलकर एक नया पदार्थ बनाते हैं।
- वियोजन अभिक्रिया संयोजन अभिक्रिया के विपरीत होती है। वियोजन अभिक्रिया में एकल पदार्थ वियोजित होकर दो या दो से अधिक पदार्थ देता है।
- जिन अभिक्रियाओं में उत्पाद के साथ ऊष्मा का भी उत्सर्जन होता है, उन्हें ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाएँ कहते हैं।

- जिन अभिक्रियाओं में ऊष्मा का अवशोषण होता है, उन्हें ऊष्माशोषी अभिक्रियाएँ कहते हैं।
- जब कोई एक तत्व दूसरे तत्व को उसके यौगिक से विस्थापित कर देता है, विस्थापन अभिक्रिया होती है।
- द्विविस्थापन अभिक्रिया में दो अलग-अलग परमाणु या परमाणुओं के समूह (आयन) का आपस में आदान-प्रदान होता है।
- अवक्षेपण अभिक्रिया से अविलेय लवण प्राप्त होता है।
- अभिक्रिया में पदार्थों से ऑक्सीजन या हाइड्रोजन का योग अथवा ह्रास भी होता है। ऑक्सीजन का योग या हाइड्रोजन का ह्रास ऑक्सीकरण या उपचयन कहलाता है। ऑक्सीजन का ह्रास या हाइड्रोजन का योग अपचयन कहलाता है।

अभ्यास

1. नीचे दी गई अभिक्रिया के संबंध में कौन सा कथन असत्य है?

   $2PbO(s) + C(s) \rightarrow 2Pb(s) + Co_2(g)$

   (a) सीसा अपचयित हो रहा है।

   (b) कार्बन डाइऑक्साइड उपचयित हो रहा है।

   (c) कार्बन उपचयित हो रहा है।

   (d) लेड ऑक्साइड अपचयित हो रहा है।

   (i) (a) एवं (b)

   (ii) (a) एवं (c)

   (iii) (a), (b) एवं (c)

   (iv) सभी

2. $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

   ऊपर दी गई अभिक्रिया किस प्रकार की है—

   (a) संयोजन अभिक्रिया

   (b) द्विविस्थापन अभिक्रिया

   (c) वियोजन अभिक्रिया

   (d) विस्थापन अभिक्रिया

3. लौह-चूर्ण पर तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालने से क्या होता है? सही उत्तर पर निशान लगाइए।

   (a) हाइड्रोजन गैस एवं आयरन क्लोराइड बनता है।

   (b) क्लोरीन गैस एवं आयरन हाइड्रॉक्साइड बनता है।

   (c) कोई अभिक्रिया नहीं होती है।

   (d) आयरन लवण एवं जल बनता है।

4. संतुलित रासायनिक समीकरण क्या है? रासायनिक समीकरण को संतुलित करना क्यों आवश्यक है?

5. निम्न कथनों को रासायनिक समीकरण के रूप में परिवर्तित कर उन्हें संतुलित कीजिए।
   (a) नाइट्रोजन हाइड्रोजन गैस से संयोग करके अमोनिया बनाता है।
   (b) हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस का वायु में दहन होने पर जल एवं सल्फ़र डाइऑक्साइड बनता है।
   (c) ऐल्युमिनियम सल्फ़ेट के साथ अभिक्रिया कर बेरियम क्लोराइड, ऐल्युमिनियम क्लोराइड एवं बेरियम सल्फ़ेट का अवक्षेप देता है।
   (d) पोटैशियम धातु जल के साथ अभिक्रिया करके पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड एवं हाइड्रोजन गैस देती है।

6. निम्न रासायनिक समीकरणों को संतुलित कीजिए—
   (a) $HNO_3 + Ca(OH)^2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$
   (b) $NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
   (c) $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$
   (d) $BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + HCl$

7. निम्न अभिक्रियाओं के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए—
   (a) कैल्शियम हाइड्रोक्साइड + कार्बन डाइऑक्साइड → कैल्शियम कार्बोनेट + जल
   (b) जिंक + सिल्वर नाइट्रेट → जिंक नाइट्रेट + सिल्वर
   (c) ऐल्युमिनियम + कॉपर क्लोराइड → ऐल्युमिनियम क्लोराइड + कॉपर
   (d) बेरियम क्लोराइड + पोटैशियम सल्फ़ेट → बेरियम सल्फ़ेट + पोटैशियम क्लोराइड

8. निम्न अभिक्रियाओं के लिए सतुंलित रासायनिक समीकरण लिखिए एवं प्रत्येक अभिक्रिया का प्रकार बताइए।
   (a) पोटैशियम ब्रोमाइड (aq) + बेरियम आयोडाइड (aq) → पोटैशियम आयोडाइड (aq) + बेरियम ब्रोमाइड (s)
   (b) जिंक कार्बोनेट(s) → जिंक ऑक्साइड (s) + कार्बन डाइऑक्साइड (g)
   (c) हाइड्रोजन(g) + क्लोरीन (g) → हाइड्रोजन क्लोराइड (g)
   (d) मैग्नीशियम(s) + हाइड्रोक्लोरिक अम्ल(aq) → मैग्नीशियम क्लोराइड(aq) + हाइड्रोजन (g)

9. ऊष्माक्षेपी एवं ऊष्माशोषी अभिक्रिया का क्या अर्थ है? उदाहरण दीजिए।

10. श्वसन को ऊष्माक्षेपी अभिक्रया क्यों कहते हैं? वर्णन कीजिए।

11. वियोजन अभिक्रिया को संयोजन अभिक्रिया के विपरीत क्यों कहा जाता है? इन अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए।

12. उन वियोजन अभिक्रियाओं के एक-एक समीकरण लिखिए, जिनमें ऊष्मा, प्रकाश एवं विद्युत के रूप में ऊर्जा प्रदान की जाती है।

13. विस्थापन एवं द्विविस्थापन अभिक्रियाओं में क्या अंतर है? इन अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिए।

14. सिल्वर के शोधन में, सिल्वर नाइट्रेट के विलयन से सिल्वर प्राप्त करने के लिए कॉपर धातु द्वारा विस्थापन किया जाता है। इस प्रक्रिया के लिए अभिक्रिया लिखिए।

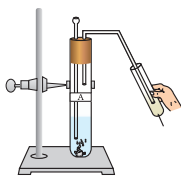
15. अवक्षेपण अभिक्रिया से आप क्या समझते हैं? उदाहरण देकर समझाइए।
16. ऑक्सीजन के योग या ह्रास के आधार पर निम्न पदों की व्याख्या कीजिए। प्रत्येक के लिए दो उदाहरण दीजिए।
    (a) उपचयन (b) अपचयन
17. एक भूरे रंग का चमकदार तत्व 'X' को वायु की उपस्थिति में गर्म करने पर वह काले रंग का हो जाता है। इस तत्व 'X' एवं उस काले रंग के यौगिक का नाम बताइए।
18. लोहे की वस्तुओं को हम पेंट क्यों करते हैं?
19. तेल एवं वसायुक्त खाद्य पदार्थों को नाइट्रोजन से प्रभावित क्यों किया जाता है?
20. निम्नलिखित पदों का वर्णन कीजिए तथा प्रत्येक का एक-एक उदाहरण दीजिए—
    (a) संक्षारण (b) विकृतगंधिता

सामूहिक क्रियाकलाप

निम्नलिखित क्रियाकलाप कीजिए—

- चार बीकर लेकर उन्हें A, B, C तथा D से चिह्नित कीजिए।
- 'A', 'B' तथा 'C' में 25 mL जल लीजिए तथा 'D' में कॉपर सल्फ़ेट का विलयन लीजिए।
- प्रत्येक बीकर में रखे द्रव का तापमान मापकर उसे नोट कीजिए।
- पोटैशियम सल्फ़ेट, अमोनियम नाइट्रेट, निर्जल कॉपर सल्फ़ेट एवं लोहे की छीलन को दो स्पैचुला के परिमाण के बराबर क्रमशः 'A', 'B', 'C' तथा 'D' बीकर में अलग-अलग डालकर उसे हिलाइए।
- अंत में प्रत्येक मिश्रण का तापमान मापकर उसे नोट कीजिए।

पता लगाइए कि इनमें कौन सी अभिक्रियाएँ ऊष्माक्षेपी हैं तथा कौन सी ऊष्माशोषी हैं?

अध्याय 2

अम्ल, क्षारक एवं लवण

आपने पिछली कक्षाओं में अध्ययन किया होगा कि भोजन का खट्टा एवं कड़वा स्वाद भोजन में विद्यमान क्रमशः अम्ल एवं क्षारक के कारण होता है। यदि आपके परिवार का कोई सदस्य अत्यधिक भोजन करने के कारण अम्लता से पीड़ित है तो आप कौन सा उपचार सुझाएँगे? नींबू पानी, सिरका या बेकिंग सोडा का विलयन?

- उपचार बताते समय आप किस गुणधर्म का ध्यान रखेंगे? आप जानते हैं कि अम्ल एवं क्षारक एक-दूसरे के प्रभाव को समाप्त करते हैं। आपने अवश्य ही इसी जानकारी का उपयोग किया होगा।
- याद कीजिए कि कैसे हमने बिना स्वाद चखे ही खट्टे एवं कड़वे पदार्थों की जाँच की थी।

आप जानते हैं कि अम्लों का स्वाद खट्टा होता है तथा यह नीले लिटमस पत्र को लाल कर देते हैं। जबकि क्षारकों का स्वाद कड़वा होता है एवं यह लाल लिटमस पत्र को नीला कर देते हैं। लिटमस एक प्राकृतिक सूचक होता है। इसी प्रकार हल्दी (turmeric) भी एक ऐसा ही सूचक है। क्या आपने कभी ध्यान दिया है कि श्वेत कपड़े पर लगे सब्जी के दाग पर जब क्षारकीय प्रकृति वाला साबुन रगड़ते हैं तब उस धब्बे का रंग भूरा-लाल हो जाता है? लेकिन कपड़े को अत्यधिक जल से धोने के पश्चात् वह फिर से पीले रंग का हो जाता है। अम्ल एवं क्षारक की जाँच के लिए आप संश्लेषित (synthetic) सूचक जैसे मेथिल ऑरेंज (methyl orange) एवं फीनॉल्फथेलिन (phenolphthalein) का भी उपयोग कर सकते हैं।

इस अध्याय में हम अम्ल एवं क्षारक की अभिक्रियाओं के बारे में अध्ययन करेंगे। हमें जानकारी प्राप्त होगी कि अम्ल एवं क्षारक कैसे एक-दूसरे के प्रभाव को समाप्त कर देते हैं। साथ ही दैनिक जीवन में पाई जाने वाली तथा उपयोग में आने वाली बहुत सी रोचक वस्तुओं के बारे में भी हम अध्ययन करेंगे।

क्या आप जानते हैं?

लिटमस विलयन बैंगनी रंग का रंजक होता है, जो थैलोफ़ाइटा समूह के लिचेन (lichen) पौधे से निकाला जाता है। प्रायः इसे सूचक की तरह उपयोग किया जाता है। लिटमस विलयन जब न तो अम्लीय होता है न ही क्षारकीय, तब यह बैंगनी रंग का होता है। बहुत सारे प्राकृतिक पदार्थ; जैसे– लाल पत्ता गोभी, हल्दी, हायड्रेंजिया, पिटूनिया एवं जेरानियम जैसे कई फूलों की रंगीन पंखुड़ियाँ किसी विलयन में अम्ल एवं क्षारक की उपस्थिति को सूचित करते हैं। इन्हें अम्ल-क्षारक सूचक या कभी-कभी केवल सूचक कहते हैं।

प्रश्न

1. आपको तीन परखनलियाँ दी गई हैं। इनमें से एक में आसवित जल एवं शेष दो में से एक में अम्लीय विलयन तथा दूसरे में क्षारीय विलयन है। यदि आपको केवल लाल लिटमस पत्र दिया जाता है तो आप प्रत्येक परखनली में रखे गए पदार्थों की पहचान कैसे करेंगे?

2.1 अम्ल एवं क्षारक के रासायनिक गुणधर्म समझना

2.1.1 प्रयोगशाला में अम्ल एवं क्षारक

क्रियाकलाप 2.1

- विज्ञान की प्रयोगशाला से हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl), सल्फ़्यूरिक अम्ल (H_2SO_4), नाइट्रिक अम्ल (HNO_3), ऐसीटिक अम्ल (CH_3COOH), सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH), कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड ([$Ca(OH)_2$])] पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड ([$Mg(OH)_2$]) एवं अमोनियम हाइड्रॉक्साइड (NH_4OH) के विलयनों के नमूने एकत्र कीजिए।
- ऊपर दिए गए प्रत्येक विलयन की एक बूँद वाच ग्लास में बारी-बारी से रखिए एवं सारणी 2.1 के अनुसार निम्नलिखित सूचकों से उसकी जाँच कीजिए।
- लाल लिटमस, नीले लिटमस, फेनॉलप्थेलियन एवं मेथिल ऑरेंज विलयन के साथ लिए गए विलयन के रंग में क्या-क्या परिवर्तन होते हैं?
- अपने प्रेक्षण को सारणी 2.1 में लिखिए।

सारणी 2.1

विलयन का नमूना	लाल लिटमस विलयन	नीला लिटमस विलयन	फीनॉल्फथेलिन विलयन	मेथिल ऑरेंज विलयन

रंग में परिवर्तन के द्वारा यह सूचक हमें बताते हैं कि कोई पदार्थ अम्ल है या क्षारक। कुछ ऐसे पदार्थ होते हैं, जिनकी गंध अम्लीय या क्षारकीय माध्यम में भिन्न हो जाती है। इन्हें **गंधीय** (Olfactory) **सूचक** कहते हैं। आइए, इनमें से कुछ सूचकों की जाँच करें।

क्रियाकलाप 2.1

- बारीक कटी हुई प्याज तथा स्वच्छ कपड़े के टुकड़े को एक प्लास्टिक के थैले में लीजिए। थैले को कस कर बाँध दीजिए तथा पूरी रात फ्रिज में रहने दीजिए। अब इस कपड़े के टुकड़े का उपयोग अम्ल एवं क्षारक की जाँच के लिए किया जा सकता है।
- इसमें से दो टुकड़े लीजिए एवं उनकी गंध की जाँच कीजिए।
- इन्हें स्वच्छ सतह पर रखकर उनमें से एक टुकड़े पर तनु HCl विलयन की कुछ बूँदें एवं दूसरे पर तनु NaOH विलयन की कुछ बूँदें डालिए।
- दोनों टुकड़ों को जल से धोकर उनकी गंध की पुनः जाँच कीजिए।

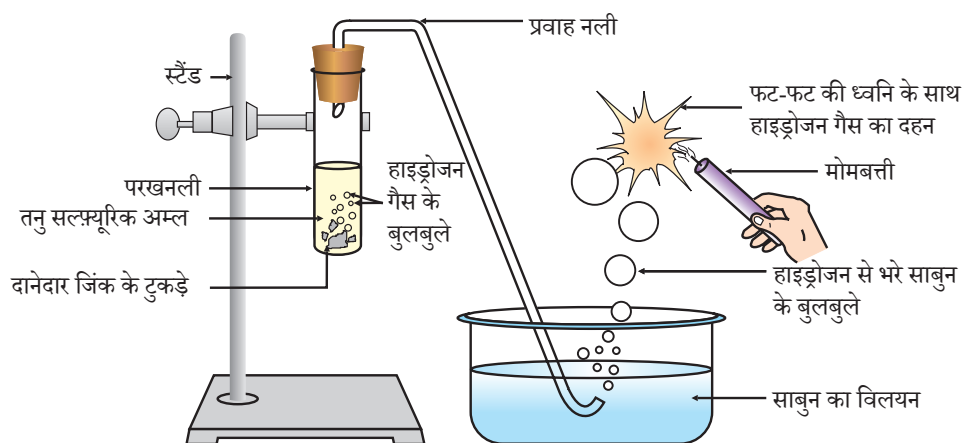
- अपने प्रेक्षणों को लिखिए।
- अब थोड़ा तनु वैनिला एवं लौंग का तेल लीजिए तथा इनकी गंधों की जाँच कीजिए।
- एक परखनली में तनु HCl विलयन एवं दूसरी में तनु NaOH का विलयन लीजिए। दोनों में तनु वैनिला एसेंस की कुछ बूँदें डालकर उसे हिलाइए। उसकी गंध की पुनः जाँच कीजिए। यदि गंध में कोई बदलाव है तो उसे दर्ज़ कीजिए।
- इसी प्रकार तनु HCl एवं तनु NaOH के साथ लौंग के तेल (clove oil) की गंध में आए परिवर्तन की जाँच कर अपने प्रेक्षण को दर्ज़ कीजिए।

आपके प्रेक्षण के आधार पर वैनिला, प्याज एवं लौंग के तेल में से किसे गंधीय (olfactory) सूचक की तरह उपयोग किया जा सकता है?

अम्ल एवं क्षारक के रासायनिक गुणधर्मों को समझने के लिए आइए, कुछ और क्रियाकलाप करते हैं।

2.1.2 अम्ल एवं क्षारक धातु के साथ कैसे अभिक्रिया करते हैं?

क्रियाकलाप 2.3

- चित्र 2.1 के अनुसार उपकरण व्यवस्थित कीजिए।
- एक परखनली में लगभग 5 mL तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल लीजिए एवं इसमें दानेदार जिंक के टुकड़े डालिए।
- दानेदार जिंक के टुकड़ों की सतह पर आप क्या देखते हैं?
- उत्सर्जित गैस को साबुन के विलयन से प्रवाहित कीजिए।
- साबुन के विलयन में बुलबुले क्यों बनते हैं?
- जलती हुई मोमबत्ती को गैस वाले बुलबुले के पास ले जाइए।
- आप क्या प्रेक्षण करते हैं?
- कुछ अन्य अम्ल जैसे HCl, HNO_3 एवं CH_3COOH के साथ यह क्रियाकलाप दोहराइए।
- प्रत्येक स्थिति में आपका प्रेक्षण समान है या भिन्न?

चित्र 2.1 दानेदार जिंक के टुकड़ों के साथ तनु सल्फ़्यूरिक की अभिक्रिया एवं ज्वलन द्वारा हाइड्रोजन गैस की जाँच

ध्यान दीजिए कि ऊपर दी गई अभिक्रियाओं में धातु, अम्लों से हाइड्रोजन परमाणुओं का हाइड्रोजन गैस के रूप में विस्थापन करती है और एक यौगिक बनाता है, जिसे **लवण** कहते हैं। अम्ल के साथ धातु की अभिक्रिया को इस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं—

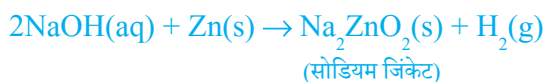
अम्ल + धातु $\rightarrow$ लवण + हाइड्रोजन गैस

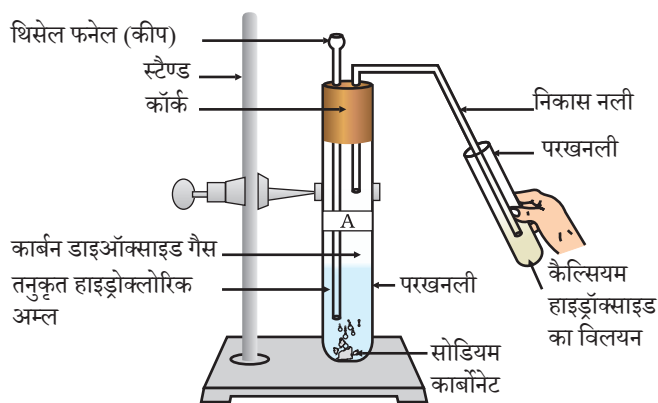
आपने जिन अभिक्रियाओं का प्रेक्षण किया है, क्या आप उनका समीकरण लिख सकते हैं?

क्रियाकलाप 2.4

- एक परखनली में जिंक के कुछ दानेदार टुकड़े रखिए।
- उसमें 2 mL सोडियम हाइड्रॉक्साइड का घोल मिलाकर उसे गर्म कीजिए।
- तत्पश्चात, क्रियाकलाप 2.3 के अनुसार क्रियाओं को दोहराइए एवं अपने प्रेक्षण को लिखिए।

इस अभिक्रिया को निम्न प्रकार से लिख सकते हैं—

$$2NaOH(aq) + Zn(s) \rightarrow \underset{\text{(सोडियम जिंकेट)}}{Na_2ZnO_2(s)} + H_2(g)$$

आप देखेंगे कि अभिक्रिया में पुनः हाइड्रोजन बनता है, किंतु ऐसी अभिक्रियाएँ सभी धातुओं के साथ संभव नहीं हैं।

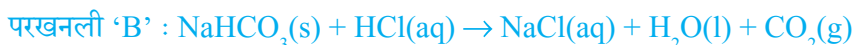
2.1.3 धातु कार्बोनेट तथा धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट अम्ल के साथ कैसे अभिक्रिया करते हैं?

चित्र 2.2
कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड में से कार्बन डाइऑक्साइड गैस को गुज़ारना

क्रियाकलाप 2.5

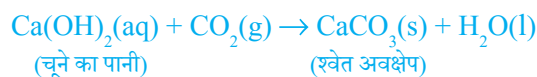
- दो परखनलियाँ लीजिए। उन्हें 'A' एवं 'B' से नामांकित कीजिए।
- परखनली 'A' में लगभग 0.5 g सोडियम कार्बोनेट (Na_2CO_3) लीजिए एवं परखनली 'B' में 0.5 g सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट ($NaHCO_3$) लीजिए।
- दोनों परखनलियों में लगभग 2 mL तनु HCl मिलाइए।
- आपने क्या निरीक्षण किया?
- चित्र 2.2 के अनुसार प्रत्येक स्थिति में उत्पादित गैस को चूने के पानी (कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन) से प्रवाहित कीजिए एवं अपने निरीक्षणों को अभिलिखित कीजिए।

उपरोक्त क्रियाकलाप में होने वाली अभिक्रियाओं को इस प्रकार लिखा जाता है:

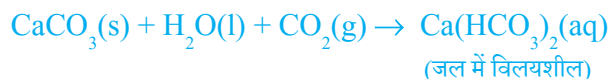
परखनली 'A' : $Na_2Co_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

परखनली 'B' : $NaHCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

उत्पादित कार्बन डाइऑक्साइड गैस को चूने के पानी से प्रवाहित करने पर,

$$Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$$

(चूने का पानी) (श्वेत अवक्षेप)

अत्यधिक मात्रा में कार्बन डाइऑक्साइड प्रवाहित करने पर निम्न अभिक्रिया होती है—

$$CaCO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g) \rightarrow Ca(HCO_3)_2(aq)$$

(जल में विलयशील)

चूना-पत्थर (limestone), खड़िया (chalk) एवं संगमरमर (marble) कैल्सियम कार्बोनेट के विविध रूप हैं। सभी धातु कार्बोनेट एवं हाइड्रोजनकार्बोनेट अम्ल के साथ अभिक्रिया करके संगत लवण, कार्बन डाइऑक्साइड एवं जल बनाते हैं।

इस अभिक्रिया को इस प्रकार से व्यक्त कर सकते हैं—

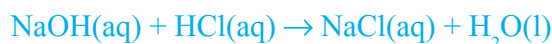
धातु कार्बोनेट/धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट + अम्ल $\rightarrow$ लवण + कार्बन डाइऑक्साइड + जल

2.1.4 अम्ल एवं क्षारक परस्पर कैसे अभिक्रिया करते हैं?

क्रियाकलाप 2.6

- परखनली में लगभग 2 mL NaOH का घोल लीजिए एवं उसमें दो बूँदें फीनॉल्फथैलिन विलयन डालिए।
- विलयन का रंग क्या है?
- इस विलयन में एक-एक बूँद तनु HCl विलयन मिलाइए।
- क्या अभिक्रिया मिश्रण के रंग में कोई परिवर्तन आया?
- अम्ल मिलाने के बाद फीनॉल्फथैलिन का रंग क्यों बदल गया?
- अब उपरोक्त मिश्रण में NaOH की कुछ बूँदें मिलाइए।
- क्या फीनॉल्फथैलिन पुनः गुलाबी रंग का हो गया?
- आपके विचार से ऐसा क्यों होता है?

उपरोक्त क्रियाकलाप में हमने प्रेक्षण किया कि अम्ल द्वारा क्षारक का प्रेक्षित प्रभाव तथा क्षारक द्वारा अम्ल का प्रभाव समाप्त हो जाता है। अभिक्रिया को इस प्रकार लिख सकते हैं—

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

अम्ल एवं क्षारक की अभिक्रिया के परिणामस्वरूप लवण तथा जल प्राप्त होते हैं तथा इसे **उदासीनीकरण अभिक्रिया** कहते हैं। सामान्यतः उदासीनीकरण अभिक्रिया को इस प्रकार लिख सकते हैं—

क्षारक + अम्ल $\rightarrow$ लवण + जल

2.1.5 अम्लों के साथ धात्विक ऑक्साइडों की अभिक्रियाएँ

क्रियाकलाप 2.7

- बीकर में कॉपर ऑक्साइड की अल्प मात्रा लीजिए एवं हिलाते हुए उसमें धीरे-धीरे तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाइए।
- विलयन के रंग पर ध्यान दीजिए। कॉपर ऑक्साइड का क्या हुआ?

आप देखेंगे कि विलयन का रंग नील-हरित हो जाएगा एवं कॉपर ऑक्साइड घुल जाता है। विलयन का नील-हरित रंग अभिक्रिया में कॉपर (II) क्लोराइड के बनने के कारण होता है। धातु ऑक्साइड एवं अम्ल के बीच होने वाली सामान्य अभिक्रिया को इस प्रकार लिख सकते हैं:

धातु ऑक्साइड + अम्ल $\longrightarrow$ लवण + जल

अब उपरोक्त अभिक्रिया के लिए समीकरण लिखकर उसे संतुलित कीजिए। क्षारक एवं अम्ल की अभिक्रिया के समान ही धात्विक ऑक्साइड अम्ल के साथ अभिक्रिया करके लवण एवं जल प्रदान करते हैं, अतः धात्विक ऑक्साइड को क्षारकीय ऑक्साइड भी कहते हैं।

2.1.6 क्षारक के साथ अधात्विक ऑक्साइड की अभिक्रियाएँ

क्रियाकलाप 2.5 में आपने कार्बन डाइऑक्साइड एवं कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड (चूने का पानी) के बीच हुई अभिक्रिया देखी। कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड जो एक क्षारक है, कार्बन डाइऑक्साइड के साथ अभिक्रिया करके लवण एवं जल का निर्माण करता है। चूँकि यह क्षारक एवं अम्ल के बीच होने वाली अभिक्रिया के समान है, अतः हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि अधात्विक ऑक्साइड अम्लीय प्रकृति के होते हैं।

प्रश्न

1. पीतल एवं ताँबे के बर्तनों में दही एवं खट्टे पदार्थ क्यों नहीं रखने चाहिए?
2. धातु के साथ अम्ल की अभिक्रिया होने पर सामान्यतः कौन सी गैस निकलती है? एक उदाहरण के द्वारा समझाइए। इस गैस की उपस्थिति की जाँच आप कैसे करेंगे?
3. कोई धातु यौगिक 'A' तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया करता है तो बुदबुदाहट उत्पन्न होती है। इससे उत्पन्न गैस जलती मोमबत्ती को बुझा देती है। यदि उत्पन्न यौगिकों में एक से कैल्सियम क्लोराइड हैं, तो इस अभिक्रिया के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।

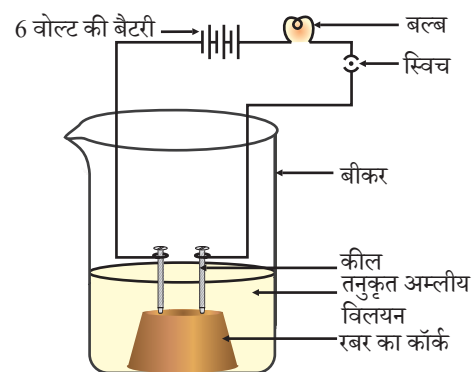
2.2 सभी अम्लों एवं क्षारकों में क्या समानताएँ हैं?

अनुभाग 2.1 में हमने देखा कि सभी अम्लों में समान रासायनिक गुणधर्म होते हैं। गुणधर्मों में समानता क्यों होती है? हमने क्रियाकलाप 2.3 में देखा कि धातु के साथ अभिक्रिया करने पर सभी अम्ल हाइड्रोजन गैस उत्पन्न करते हैं। इससे पता चलता है कि सभी अम्लों में हाइड्रोजन होता है। आइए, एक क्रियाकलाप के माध्यम से हम जाँच करें कि क्या हाइड्रोजन युक्त सभी यौगिक अम्लीय होते हैं।

क्रियाकलाप 2.8

- ग्लूकोज़, एल्कोहल, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, सल्फ्यूरिक अम्ल आदि का विलयन लीजिए।
- एक कॉर्क पर दो कीलें लगाकर कॉर्क को 100 mL के बीकर में रख दीजिए।

2024-25

- चित्र 2.3 के अनुसार कीलों को 6 वोल्ट की एक बैटरी के दोनों टर्मिनलों के साथ एक बल्ब तथा स्विच के माध्यम से जोड़ दीजिए।
- अब बीकर में थोड़ा तनु HCl डालकर विद्युत धारा प्रवाहित कीजिए।
- इसी क्रिया को तनु सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ दोहराइए।
- आपने क्या प्रेक्षण किया?
- इन परीक्षणों को ग्लूकोज़ एवं एल्कोहल के विलयनों के साथ अलग-अलग दोहराइए। अब आपने क्या प्रेक्षण किया?
- बल्ब क्या प्रत्येक स्थिति में जलता है?

चित्र 2.3
जल में अम्ल का विलयन विद्युत चालन करता है

अम्ल की स्थिति में बल्ब जलने लगता है जैसा कि चित्र 2.3 में दिखाया गया है। परंतु आप यह देखेंगे कि ग्लूकोज़ एवं एल्कोहल का विलयन विद्युत का चालन नहीं करते हैं। बल्ब के जलने से यह पता चलता है कि इस विलयन से विद्युत का प्रवाह हो रहा है। अम्लीय विलयन में विद्युत धारा का प्रवाह अम्ल में उपस्थित इन्हीं आयनों द्वारा होता है।

अम्लों में धनायन H^+ तथा ऋणायन जैसे HCl में Cl^-, HNo_3 में No_3^-, CH_3COOH में CH_3COO^-, H_2So_4 में SO_4^{2-} होते हैं। चूँकि अम्ल में उपस्थित धनायन H^+ है, इससे ज्ञात होता है कि अम्ल विलयन में हाइड्रोजन आयन H^+ (aq) उत्पन्न करता है, तथा इसी कारण उनका गुणधर्म अम्लीय होता है।

सोडियम हाइड्रॉक्साइड, कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड आदि जैसे क्षारकों का उपयोग करके इस क्रियाकलाप को दोहराइए। इस क्रियाकलाप के परिणामों से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

2.2.1 जलीय विलयन में अम्ल या क्षारक का क्या होता है?

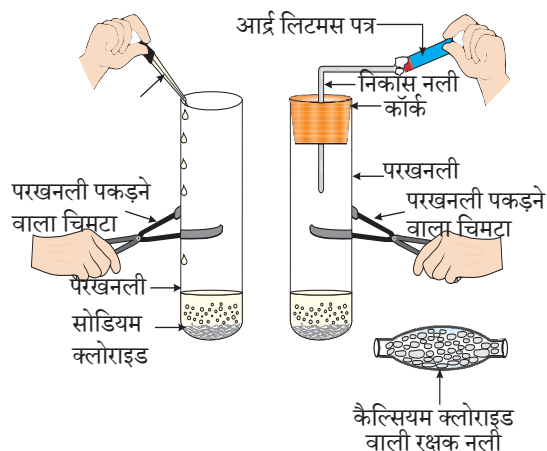
क्या अम्ल केवल जलीय विलयन में ही आयन उत्पन्न करते हैं? आइए इसकी जाँच करें।

क्रियाकलाप 2.9

- एक स्वच्छ एवं शुष्क परखनली में लगभग 1 g ठोस NaCl लीजिए तथा चित्र 2.4 के अनुसार उपकरण व्यवस्थित कीजिए।
- परखनली में कुछ मात्रा में सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल डालिए।
- आपने क्या प्रेक्षण किया? क्या निकास नली से कोई गैस बाहर आ रही है?
- इस प्रकार उत्सर्जित गैस की सूखे तथा नम नीले लिटमस पत्र द्वारा जाँच कीजिए।
- किस स्थिति में लिटमस पत्र का रंग परिवर्तित होता है?
- उपरोक्त क्रियाकलाप के आधार पर आप निम्न के अम्लीय गुण के बारे में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं:

  (i) शुष्क HCl गैस (ii) HCl विलयन?

चित्र 2.4 *HCl गैस का निर्माण*

अध्यापकों के लिए निर्देश— यदि जलवायु अत्यधिक आर्द्र हो तो गैस को शुष्क करने के लिए आपको कैल्सियम क्लोराइड वाली शुष्क नली से गैस प्रवाहित करना होगा।

इस प्रयोग से यह स्पष्ट होता है कि जल की उपस्थिति में HCl में हाइड्रोजन आयन उत्पन्न होते हैं। जल की अनुपस्थिति में HCl अणुओं से H^+ आयन पृथक नहीं हो सकते हैं।

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

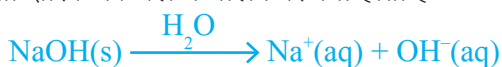
हाइड्रोजन आयन स्वतंत्र रूप में नहीं रह सकते, लेकिन ये जल के अणुओं के साथ मिलकर रह सकते हैं। इसलिए हाइड्रोजन आयन को सदैव $H^+(aq)$ या हाइड्रोनियम आयन (H_3O^+) से दर्शाना चाहिए।

$$H^+ + H_2O \longrightarrow H_3O^+$$

हमने देखा कि अम्ल जल में H_3O^+ अथवा $H^+(aq)$ आयन प्रदान करता है। आइए, देखें कि किसी क्षारक को जल में घोलने पर क्या होता है—

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$KOH(s) \xrightarrow{H_2O} K^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$Mg(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

क्षारक जल में हाइड्रॉक्साइड (OH^-) आयन उत्पन्न करते हैं। जल में घुलनशील क्षारक को क्षार कहते हैं।

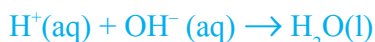
क्या आप जानते हैं?

सभी क्षारक जल में घुलनशील नहीं होते हैं। जल में घुलनशील क्षारक को **क्षार** कहते हैं। इनका स्पर्श साबुन की तरह, स्वाद कड़वा होता है तथा प्रकृति संक्षारक होती है। इन्हें कभी भी छूना या चखना नहीं चाहिए, क्योंकि ये हानिकारक होते हैं। सारणी 2.1 में कौन से क्षारक, क्षार हैं?

अब तक हम जान चुके हैं कि सभी अम्ल $H^+(aq)$ तथा सभी क्षारक OH^- (aq) उत्पन्न करते हैं, अतः अब हम उदासीनीकरण अभिक्रिया को निम्नलिखित रूप में व्यक्त कर सकते हैं।

अम्ल + क्षारक ⟶ लवण + जल

$$H\boxed{X + M}OH \longrightarrow MX + HOH$$

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

आइए, देखें कि अम्ल या क्षारक में जल मिलाने पर क्या होता है

चित्र 2.5
सांद्र अम्ल तथा क्षारक वाले बर्तनों में लगे चेतावनी के चिह्न

क्रियाकलाप 2.10

- एक बीकर में 10 mL जल लीजिए।
- इसमें कुछ बूँदें सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) की डालकर बीकर धीरे-धीरे घुमाइए।
- बीकर के आधार को स्पर्श कीजिए।
- क्या तापमान में कोई परिवर्तन आया?
- यह प्रक्रिया क्या उष्माक्षेपी अथवा ऊष्माशोषी है?
- उपर्युक्त क्रियाकलाप को सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ दोहराइए एवं अपने प्रेक्षण को लिखिए।

जल में अम्ल या क्षारक के घुलने की प्रक्रिया अत्यंत ऊष्माक्षेपी होती है। जल में सांद्र नाइट्रिक अम्ल या सल्फ़्यूरिक अम्ल को मिलाते समय अत्यंत सावधानी रखनी चाहिए। अम्ल को सदैव धीरे-धीरे तथा जल को लगातार हिलाते हुए जल में मिलाना चाहिए। सांद्र अम्ल में जल मिलाने पर उत्पन्न हुई ऊष्मा के कारण मिश्रण आस्फलित होकर बाहर आ सकता है तथा आप जल सकते हैं। साथ ही अत्यधिक स्थानीय ताप के कारण प्रयोग में उपयोग किया जा रहा काँच का पात्र भी टूट सकता है। सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल के कैन (डिब्बा) तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड की बोतल पर चेतावनी के चिह्न (चित्र 2.5 में प्रदर्शित) पर ध्यान दीजिए।

जल में अम्ल या क्षारक मिलाने पर आयन की सांद्रता (H_3O^+/OH^-) में प्रति इकाई आयतन में कमी हो जाती है। इस प्रक्रिया को तनुकरण कहते हैं एवं अम्ल या क्षारक तनुकृत होते हैं।

प्रश्न

1. HCl, HNO_3 आदि जलीय विलयन में अम्लीय अभिलक्षण क्यों प्रदर्शित करते हैं, जबकि एल्कोहल एवं ग्लूकोज़ जैसे यौगिकों के विलयनों में अम्लीयता के अभिलक्षण नहीं प्रदर्शित होते हैं?
2. अम्ल का जलीय विलयन क्यों विद्युत का चालन करता है?
3. शुष्क हाइड्रोक्लोरिक गैस शुष्क लिटमस पत्र के रंग को क्यों नहीं बदलती है?
4. अम्ल को तनुकृत करते समय यह क्यों अनुशंसित करते हैं कि अम्ल को जल में मिलाना चाहिए, न कि जल को अम्ल में?
5. अम्ल के विलयन को तनुकृत करते समय हाइड्रोनियम आयन (H_3O^+) की सांद्रता कैसे प्रभावित हो जाती है?
6. जब सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन में आधिक्य क्षारक मिलाते हैं तो हाइड्रॉक्साइड आयन (OH^-) की सांद्रता कैसे प्रभावित होती है?

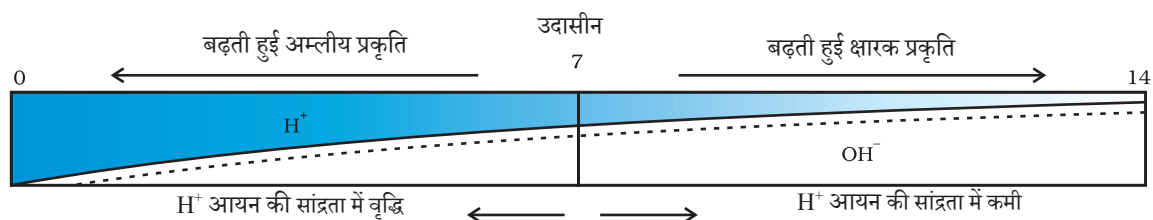
2.3 अम्ल एवं क्षारक के विलयन कितने प्रबल होते हैं?

हम जानते हैं कि अम्ल-क्षारक के सूचकों का उपयोग करके अम्ल एवं क्षारक में अंतर प्रदर्शित किया जा सकता है। पिछले अध्याय में हमने H^+ अथवा OH^- आयनों के विलयनों की सांद्रता कम होना तथा तनुकरण के बारे में पढ़ा था। क्या हम किसी विलयन में उपस्थित आयनों की संख्या जान सकते हैं? क्या हम ज्ञात कर सकते हैं कि विलयन में अम्ल अथवा क्षारक कितना प्रबल है?

इसको जानने के लिए हम सार्वत्रिक सूचक जो अनेक सूचकों का मिश्रण होता है, का उपयोग करके ज्ञात कर सकते हैं। सार्वत्रिक सूचक, किसी विलयन में हाइड्रोजन आयन की विभिन्न सांद्रता को विभिन्न रंगों में प्रदर्शित करते हैं।

किसी विलयन में उपस्थित हाइड्रोजन आयन की सांद्रता ज्ञात करने के लिए एक स्केल विकसित किया गया, जिसे **pH स्केल** कहते हैं। इस pH में p सूचक है, 'पुसांस' (Potenz) जो एक जर्मन शब्द है, का अर्थ होता है 'शक्ति'। इस pH स्केल से सामान्यतः शून्य (अधिक अम्लता) से चौदह (अधिक क्षारीय) तक pH को ज्ञात कर सकते हैं। साधारण भाषा pH को एक ऐसी संख्या के रूप में देखना चाहिए, जो किसी विलयन की अम्लता अथवा

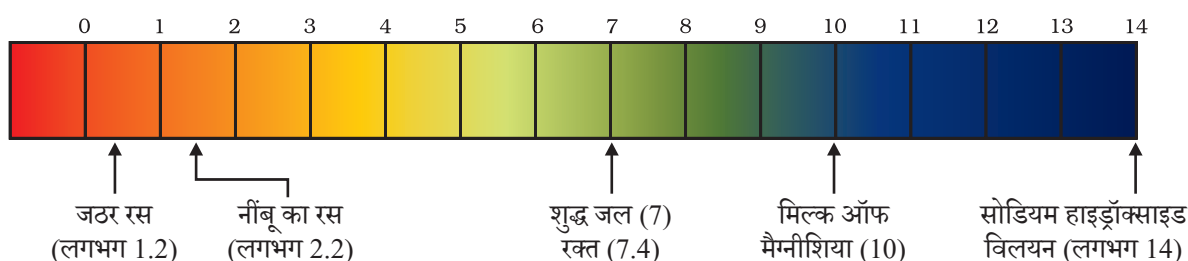
क्षारकीयता को दर्शाते हैं। हाइड्रोनियम आयन की सांद्रता जितनी अधिक होगी उसका pH उतना ही कम होगा।

किसी भी उदासीन विलयन के pH का मान 7 होगा। यदि pH स्केल में किसी विलयन का मान 7 से कम है तो यह अम्लीय विलयन होगा एवं यदि pH मान 7 से 14 तक बढ़ता है तो वह विलयन में OH^- की सांद्रता में वृद्धि को दर्शाता है, अर्थात यहाँ क्षार की शक्ति (चित्र 2.6) बढ़ रही है। सामान्यतः pH सार्वत्रिक सूचक अंतर्भारित पेपर द्वारा ज्ञात किया जाता है।

चित्र 2.6 H+(aq) एवं OH⁻(aq) की सांद्रता परिवर्तन के साथ pH की विभिन्नता

सारणी 2.2

क्रियाकलाप 2.11

- दी गई सारणी 2.2 में विलयन के pH मानों की जाँच कीजिए।
- अपने प्रेक्षणों को लिखिए।
- आपके प्रेक्षणों के आधार पर प्रत्येक पदार्थ की प्रकृति क्या है?

क्रम संख्या	विलयन	pH पत्र का रंग	लगभग pH मान	पदार्थ की प्रकृति
1	लार (खाना खाने के पहले)			
2	लार (खाना खाने के बाद)			
3	नींबू का रस			
4	रंगरहित वातित पेय			
5	गाजर का रस			
6	कॉफी			
7	टमाटर का रस			
8	नल का जल			
9	1M NaOH			
10	1M HCl			

चित्र 2.7 कुछ सामान्य पदार्थों के pH को pH पत्र पर दिखाया गया है। (रंग केवल रफ़ मार्गदर्शन के लिए दिए गए हैं।)

अम्ल तथा क्षारक की शक्ति विलयन (जल) में क्रमशः H^+ आयन तथा OH^- आयन की संख्या पर निर्भर करती है। यदि हम समान सांद्रता के हाइड्रोक्लोरिक अम्ल तथा ऐसीटिक अम्ल, जैसे एक मोलर, विलयन लेते हैं तो वह विभिन्न मात्रा में हाइड्रोजन आयन उत्पन्न करेंगे। अधिक संख्या में H^+ आयन उत्पन्न करने वाले अम्ल प्रबल अम्ल कहलाते हैं, जबकि कम H^+ आयन उत्पन्न करने वाले अम्ल दुर्बल अम्ल कहलाएँगे। क्या आप अब यह बता सकते हैं कि दुर्बल एवं प्रबल क्षारक क्या होते हैं?

2.3.1 दैनिक जीवन में pH का महत्त्व

क्या पौधे एवं पशु pH के प्रति संवेदनशील होते हैं?

हमारा शरीर 7.0 से 7.8 pH परास के बीच कार्य करता है। जीवित प्राणी केवल संकीर्ण pH परास (परिसर) में ही जीवित रह सकते हैं। वर्षा के जल का pH मान जब 5.6 से कम हो जाता है तो वह **अम्लीय वर्षा** कहलाती है। अम्लीय वर्षा का जल जब नदी में प्रवाहित होता है तो नदी के जल के pH का मान कम हो जाता है। ऐसी नदी में जलीय जीवधारियों की उत्तरजीविता कठिन हो जाती है।

क्या आप जानते हैं?

दूसरे ग्रहों में अम्ल पदार्थ

शुक्र (venus) का वायुमंडल सल्फ़्यूरिक अम्ल के मोटे श्वेत एवं पीले बादलों से बना है। क्या आपको लगता है कि इस ग्रह पर जीवन संभव है?

आपके बागीचे की मिट्टी का pH क्या है?

अच्छी उपज के लिए पौधों को एक विशिष्ट pH परास की आवश्यकता होती है। किसी पौधे के स्वस्थ विकास के लिए आवश्यक pH को ज्ञात करने के लिए विभिन्न स्थानों से मिट्टी एकत्र कीजिए एवं क्रियाकलाप 2.12 के अनुसार उनके pH की जाँच कीजिए। इस बात पर भी ध्यान दीजिए कि जहाँ से मिट्टी ले रहे हैं वहाँ कौन से पौधे उपज रहे हैं?

क्रियाकलाप 2.12

- एक परखनली में लगभग 2g मिट्टी रखिए एवं उसमें 5 mL जल मिलाइए।
- परखनली की सामग्री को हिलाइए।
- सामग्रियों को छानिए एवं परखनली में निस्यंद एकत्र कीजिए।
- सार्वत्रिक सूचक पत्र की सहायता से इस निस्यंद के pH की जाँच कीजिए।
- अपने क्षेत्र में पौधों के उपयुक्त विकास के लिए आदर्श मिट्टी के pH के संबंध में आपने क्या निष्कर्ष निकाला?

हमारे पाचन तंत्र का pH

यह अत्यन्त रोचक है कि हमारा उदर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (Hydrochloric acid) उत्पन्न करता है। यह उदर को हानि पहुँचाए बिना भोजन के पाचन में सहायक होता है। अपच की स्थिति में उदर अत्यधिक मात्रा में अम्ल उत्पन्न करता है, जिसके कारण उदर में दर्द एवं जलन का अनुभव होता है। इस दर्द से मुक्त होने के लिए ऐन्टैसिड (antacid) जैसे क्षारकों का उपयोग किया जाता है। इस अध्याय के आरंभ में ऐसा ही एक उपचार आपने अवश्य सुझाया होगा। यह ऐन्टैसिड अम्ल की आधिक्य मात्रा को उदासीन करता है। इसके लिए मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड (मिल्क ऑफ मैगनीशिया) जैसे दुर्बल क्षारक का उपयोग किया जाता है।

pH परिवर्तन के कारण दंत-क्षय

मुँह के pH का मान 5.5 से कम होने पर दाँतों का क्षय प्रारंभ हो जाता है। दाँतों का इनैमल (दत्तवल्क) कैल्सियम हाइड्रोक्सीएपेटाइट (कैल्सियम फॉस्फेट का क्रिस्टलीय रूप) से बना होता है, जो कि शरीर का सबसे कठोर पदार्थ है। यह जल में नहीं घुलता, लेकिन मुँह के pH का मान 5.5 से कम होने पर यह संक्षारित हो जाता है। मुँह में उपस्थित बैक्टीरिया, भोजन के पश्चात मुँह में अवशिष्ट शर्करा एवं खाद्य पदार्थों का निम्नीकरण करके अम्ल उत्पन्न करते हैं। भोजन के बाद मुँह साफ़ करने से इससे बचाव किया जा सकता है। मुँह की सफ़ाई के लिए क्षारकीय दंत-मंजन का उपयोग करने से अम्ल की आधिक्य मात्रा को उदासीन किया जा सकता है, जिसके परिणामस्वरूप दंत क्षय को रोका जा सकता है।

पशुओं एवं पौधों द्वारा उत्पन्न रसायनों से आत्मरक्षा

क्या कभी आपको मधुमक्खी ने डंक मारा है? मधुमक्खी का डंक एक अम्ल छोड़ता है, जिसके कारण दर्द एवं जलन का अनुभव होता है। डंक मारे गए अंग में बेकिंग सोडा जैसे दुर्बल क्षारक के उपयोग से आराम मिलता है। नेटल (nettle) के डंक वाले बाल मेथैनॉइक अम्ल छोड़ जाते हैं, जिनके कारण जलन वाले दर्द का अनुभव होता है।

क्या आप जानते हैं?

प्रकृति उदासीनीकरण के विकल्प देती है

नेटल एक शाकीय पादप है, जो जंगलों में उपजता है। इसके पत्तों में डंकनुमा बाल होते हैं जो अगर गलती से छू जाएँ तो डंक जैसा दर्द होता है। इन बालों से मेथैनॉइक अम्ल का स्राव होने के कारण यह दर्द होता है। पारंपरिक तौर पर इसका इलाज डंक वाले स्थान पर डॉक पौधे की पत्ती रगड़कर किया जाता है। ये पौधे अधिकतर नेटल के पास ही पैदा होते हैं। क्या आप डॉक पौधे की प्रकृति का अनुमान लगा सकते हैं? आप अब जान गए होंगे कि अगली बार पहाड़ों पर चढ़ते हुए गलती से नेटल पौधे के छू जाने पर आपको क्या करना होगा? क्या आप ऐसे ही पारंपरिक इलाज जानते हैं, जो डंक लगने पर प्रभावी हों?

सारणी 2.3 कुछ प्राकृतिक अम्ल

प्राकृतिक स्रोत	अम्ल	प्राकृतिक स्रोत	अम्ल
सिरका	ऐसीटिक अम्ल	खट्टा दूध (दही)	लैक्टिक अम्ल
संतरा	सिट्रिक अम्ल	नींबू	सिट्रिक अम्ल
इमली	टार्टरिक अम्ल	चींटी का डंक	मेथैनॉइक अम्ल
टमाटर	ऑक्सैलिक अम्ल	नेटल का डंक	मेथैनॉइक अम्ल

प्रश्न

1. आपके पास दो विलयन 'A' एवं 'B' हैं। विलयन 'A' के pH का मान 6 है एवं विलयन 'B' के pH का मान 8 है। किस विलयन में हाइड्रोजन आयन की सांद्रता अधिक है? इनमें से कौन अम्लीय है तथा कौन क्षारकीय?
2. $H^+(aq)$ आयन की सांद्रता का विलयन की प्रकृति पर क्या प्रभाव पड़ता है?
3. क्या क्षारकीय विलयन में $H^+(aq)$ आयन होते हैं? अगर हाँ, तो यह क्षारकीय क्यों होते हैं?
4. कोई किसान खेत की मृदा की किस परिस्थिति में बिना बुझा हुआ चूना (कैल्सियम ऑक्साइड), बुझा हुआ चूना (कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड) या चॉक (कैल्सियम कार्बोनेट) का उपयोग करेगा?

2.4 लवण के संबंध में अधिक जानकारी

पिछले भागों में हमने विभिन्न अभिक्रियाओं के द्वारा लवणों का निर्माण होते देखा है। आइए, इनके निर्माण, गुणधर्म एवं उपयोग के बारे में अधिक जानकारी प्राप्त करें।

2.4.1 लवण परिवार

क्रियाकलाप 2.13

- नीचे दिए गए लवण के रासायनिक सूत्र लिखिए—
- पोटैशियम सल्फ़ेट, सोडियम सल्फ़ेट, कैल्सियम सल्फ़ेट, मैग्नीशियम सल्फ़ेट, कॉपर सल्फ़ेट, सोडियम क्लोराइड, सोडियम नाइट्रेट, सोडियम कार्बोनेट एवं अमोनियम क्लोराइड।
- उन अम्ल एवं क्षारक की पहचान कीजिए, जिससे उपरोक्त लवण प्राप्त किए जा सकते हैं।
- समान धन या ऋण मूलक वाले लवणों को एक ही परिवार का कहा जाता है, जैसे– NaCl एवं Na_2SO_4, सोडियम लवण के परिवार का है। इसी प्रकार NaCl एवं KCl क्लोराइड लवण के परिवार के हैं। इस क्रियाकलाप में दिए गए लवणों में आप कितने परिवारों की पहचान कर सकते हैं?

2024-25

2.4.2 लवणों का pH

क्रियाकलाप 2.14

- निम्नलिखित लवणों के नमूने एकत्र कीजिए—
- सोडियम क्लोराइड, पोटैशियम नाइट्रेट, एल्युमिनियम क्लोराइड, जिंक सल्फ़ेट, कॉपर सल्फ़ेट, सोडियम ऐसीटेट, सोडियम कार्बोनेट एवं सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट (कुछ अन्य लवण जो उपलब्ध हों।)
- जल में इनकी विलेयता की जाँच कीजिए। (केवल आसवित जल का उपयोग कीजिए।)
- लिटमस पर इन विलयनों की क्रिया की जाँच कीजिए एवं pH पेपर का उपयोग कर इनके pH के मान का पता लगाइए।
- कौन से लवण अम्लीय, क्षारकीय या उदासीन हैं?
- लवण बनाने के लिए उपयोग होने वाले अम्ल या क्षारक की पहचान कीजिए।
- अपने प्रेक्षणों को सारणी 2.4 में लिखिए।

सारणी 2.4

नमक	pH	प्रयुक्त अम्ल	प्रयुक्त क्षारक

प्रबल अम्ल एवं प्रबल क्षारक के लवण के pH का मान 7 होता है तथा ये उदासीन होते हैं, जबकि प्रबल अम्ल एवं दुर्बल क्षारक के लवण के pH का मान 7 से कम होता है तथा ये अम्लीय होते हैं। प्रबल क्षारक एवं दुर्बल अम्ल के लवण के pH का मान 7 से अधिक होता है तथा ये क्षारकीय होते हैं।

2.4.3 साधारण नमक से रसायन

आप जानते हैं कि हाइड्रोक्लोरिक अम्ल एवं सोडियम हाइड्रॉक्साइड के विलयन की अभिक्रिया से उत्पन्न लवण को सोडियम क्लोराइड कहते हैं। इसी लवण का हम अपने भोजन में उपयोग करते हैं। ऊपर के क्रियाकलाप में आपने देखा होगा कि यह एक उदासीन लवण है।

समुद्री जल में कई प्रकार के लवण घुले होते हैं। इन लवणों से सोडियम क्लोराइड को पृथक किया जाता है। विश्व के कई भागों में भी ठोस लवण का निक्षेप होता है। बड़े आकार के यह क्रिस्टल प्रायः अपद्रव्यों के कारण भूरे रंग के होते हैं। इसे खनिज नमक कहते हैं। यह खनिज नमक तब बने जब युगों के व्यतीत होने के साथ समुद्र का कोई हिस्सा सूख गया। खनिज नमक का खनन भी कोयले की तरह होता है।

आपने महात्मा गांधी के दांडी यात्रा के बारे में अवश्य सुना होगा। क्या आप जानते हैं कि हमारे स्वतंत्रता संग्राम में नमक एक महत्वपूर्ण प्रतीक था?

साधारण नमक– रसायनों का कच्चा पदार्थ

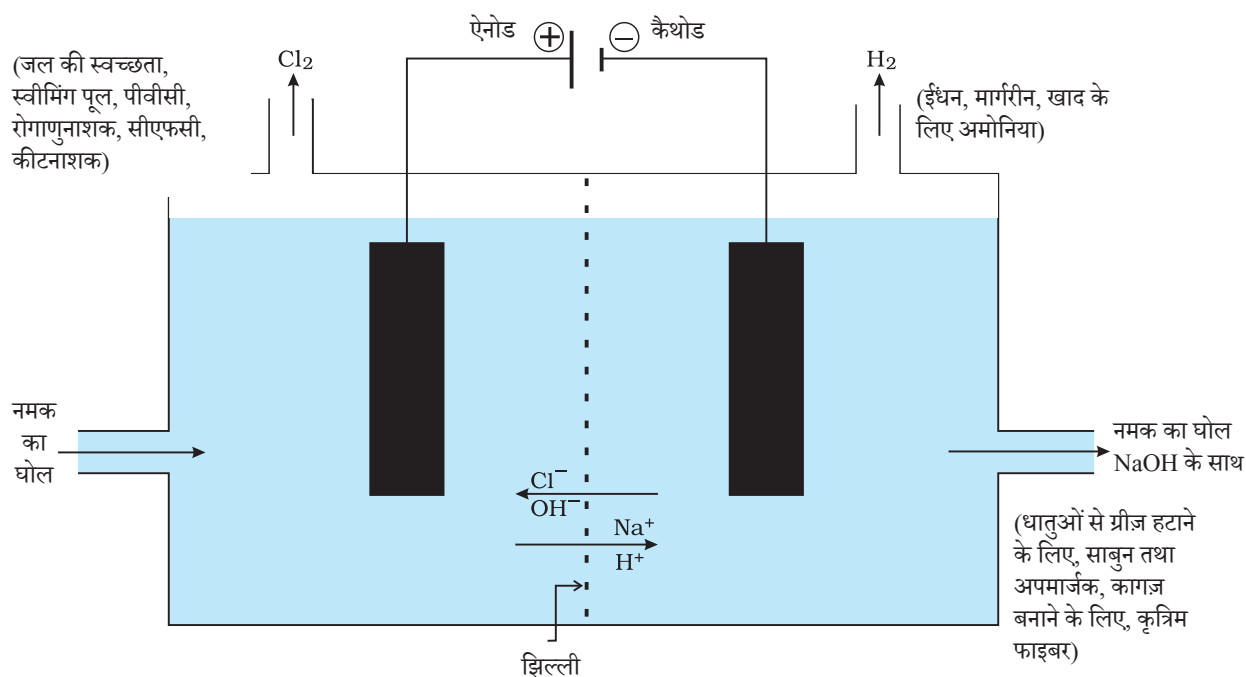
इस प्रकार प्राप्त साधारण नमक हमारे दैनिक उपयोग के कई पदार्थों; जैसे– सोडियम हाइड्रॉक्साइड, बेकिंग सोडा, वाशिंग सोडा, विरंजक चूर्ण आदि के लिए एक महत्वपूर्ण कच्चा पदार्थ है। आइए, देखते हैं कि कैसे एक पदार्थ का उपयोग विभिन्न पदार्थ बनाने के लिए करते हैं।

सोडियम हाइड्रॉक्साइड

सोडियम क्लोराइड के जलीय विलयन (लवण जल) से विद्युत प्रवाहित करने पर यह वियोजित होकर सोडियम हाइड्रॉक्साइड उत्पन्न करता है। इस प्रक्रिया को **क्लोर-क्षार** प्रक्रिया कहते हैं, क्योंकि इससे निर्मित उत्पाद— क्लोरीन (क्लोर) एवं सोडियम हाइड्रॉक्साइड (क्षार) होते हैं।

$$2NaCl(aq) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + Cl_2(g) + H_2(g)$$

क्लोरीन गैस ऐनोड पर एवं हाइड्रोजन गैस कैथोड पर मुक्त होती है। कैथोड पर सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन का निर्माण भी होता है। इस प्रक्रिया से उत्पन्न हुए तीनों उत्पाद उपयोगी हैं। चित्र 2.8 इन उत्पादों के विभिन्न उपयोगों को दर्शाता है।

चित्र 2.8 *क्लोर-क्षार प्रक्रिया के महत्वपूर्ण उत्पाद*

विरंजक चूर्ण

आप जानते हैं कि जलीय सोडियम क्लोराइड (लवण जल) के विद्युत अपघटन से क्लोरीन का निर्माण होता है। इस क्लोरीन गैस का उपयोग विरंजक चूर्ण के उत्पादन के लिए किया जाता है। शुष्क बुझा हुआ चूना [$Ca(OH)_2$] पर क्लोरीन की क्रिया से विरंजक चूर्ण का निर्माण होता है। विरंजक चूर्ण को $CaOCl_2$ से दर्शाया जाता है, यद्यपि वास्तविक संगठन काफ़ी जटिल होता है।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \longrightarrow CaOCl_2 + H_2O$$

विरंचक चूर्ण का उपयोग—

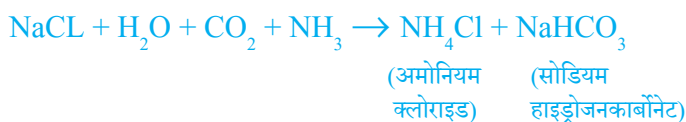
(i) वस्त्र उद्योग में सूती एवं लिनेन के विरंजन के लिए कागज़ की फैक्ट्री में लकड़ी की मज्जा एवं लाउंड्री में साफ़ कपड़ों के विरंजन के लिए,

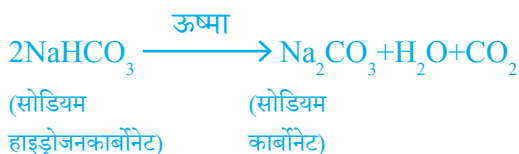
(ii) कई रासायनिक उद्योगों में एक उपचायक के रूप में एवं,

(iii) पीने वाले जल को जीवाणुओं से मुक्त करने के लिए।

बेकिंग सोडा

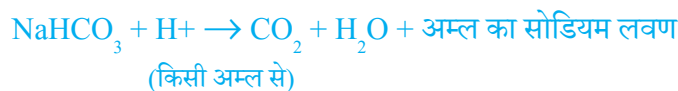
बेकिंग सोडा का उपयोग आमतौर पर रसोईघर में स्वादिष्ट खस्ता पकौड़े आदि बनाने के लिए किया जाता है। कभी-कभी इसका उपयोग खाने को शीघ्रता से पकाने के लिए भी किया जाता है। इस यौगिक का रासायनिक नाम सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट ($NaHCO_3$) है। इसको बनाने में सोडियम क्लोराइड का उपयोग एक मूल पदार्थ के रूप में किया जाता है।

$$NaCL + H_2O + CO_2 + NH_3 \longrightarrow \underset{\text{(अमोनियम क्लोराइड)}}{NH_4Cl} + \underset{\text{(सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट)}}{NaHCO_3}$$

क्रियाकलाप 2.14 में क्या आपने सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट के pH के मान की जाँच की थी? क्या आप सह संबंध स्थापित कर सकते हैं कि— क्यों इसका उपयोग एक अम्ल को उदासीन करने में किया जाता है? यह एक दुर्बल असंक्षारक क्षारीय लवण है। खाना पकाते समय इसे गर्म करने पर निम्न अभिक्रिया होती है—

$$\underset{\text{(सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट)}}{2NaHCO_3} \xrightarrow{\text{ऊष्मा}} \underset{\text{(सोडियम कार्बोनेट)}}{Na_2CO_3} + H_2O + CO_2$$

सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट का उपयोग हमारे घरों में अनेक प्रकार से किया जाता है।

बेकिंग सोडा का उपयोग

(i) बेकिंग पाउडर बनाने में, जो बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) एवं टार्टरिक अम्ल जैसा एक मंद खाद्य अम्ल का मिश्रण है। जब बेकिंग पाउडर को गर्म किया जाता है या जल में मिलाया जाता है तो निम्न अभिक्रिया होती है—

$$NaHCO_3 + \underset{\text{(किसी अम्ल से)}}{H+} \longrightarrow CO_2 + H_2O + \text{अम्ल का सोडियम लवण}$$

इस अभिक्रिया से उत्पन्न कार्बन डाइऑक्साइड के द्वारा पावरोटी या केक में खमीर उठाया जा सकता है तथा इससे ये मुलायम एवं स्पंजी हो जाता है।

(ii) सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट भी ऐन्टैसिड का एक संघटक है। क्षारीय होने के कारण यह पेट में अम्ल की अधिकता को उदासीन करके राहत पहुँचाता है।

(iii) इसका उपयोग सोडा-अम्ल अग्निशामक में भी किया जाता है।

धोने का सोडा

$Na_2CO_3.10H_2O$ (धोने का सोडा) एक अन्य रसायन, जिसे सोडियम क्लोराइड से प्राप्त किया जा सकता है। आप ऊपर देख चुके हैं कि बेकिंग सोडा को गर्म करके सोडियम कार्बोनेट प्राप्त किया जा सकता है। सोडियम कार्बोनेट के पुनः क्रिस्टलीकरण से धोने का सोडा प्राप्त होता है। यह भी एक क्षारकीय लवण है।

$$Na_2CO_3 + 10H_2O \longrightarrow Na_2CO_3.10H_2O$$

(सोडियम कार्बोनेट)

$10H_2O$ क्या दर्शाता है? क्या यह Na_2CO_3 को आर्द्र बनाता है? हम इसका उत्तर अगले भाग में पढ़ेंगे।

सोडियम कार्बोनेट एवं सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट, कई औद्योगिक प्रक्रियाओं के लिए भी उपयोगी रसायन है।

धोने के सोडे के उपयोग

(i) सोडियम कार्बोनेट का उपयोग काँच, साबुन एवं कागज़ उद्योगों में होता है।

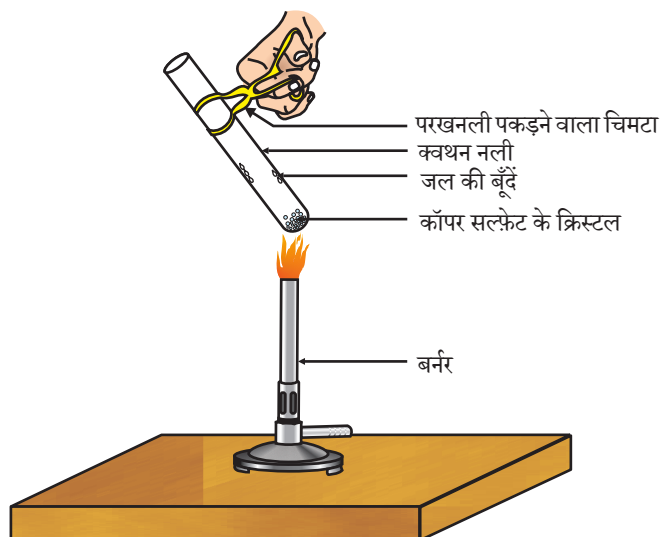
(ii) इसका उपयोग बोरेक्स जैसे सोडियम यौगिक के उत्पादन में होता है।

(iii) सोडियम कार्बोनेट का उपयोग घरों में साफ़-सफ़ाई के लिए होता है।

(iv) जल की स्थायी कठोरता को हटाने के लिए इसका उपयोग होता है।

2.4.4 क्या लवण के क्रिस्टल वास्तव में शुष्क हैं?

क्रियाकलाप 2.15

- कॉपर सल्फ़ेट के कुछ क्रिस्टल को शुष्क क्वथन नली में गर्म कीजिए।
- गर्म करने के बाद कॉपर सल्फ़ेट का रंग क्या है?
- क्वथन नली में क्या जल की बूँदें नज़र आती हैं? ये कहाँ से आईं?
- गर्म करने के बाद प्राप्त कॉपर सल्फ़ेट के नमूने में जल की 2–3 बूँदें डालिए।
- आप क्या प्रेक्षण करते हैं? क्या कॉपर सल्फ़ेट का नीला रंग वापस आ जाता है?

चित्र 2.9 क्रिस्टलन का जल हटाना

शुष्क दिखने वाले कॉपर सल्फ़ेट क्रिस्टलों में क्रिस्टलन का जल होता है। जब हम क्रिस्टल को गर्म करते हैं तो यह जल हट जाता है एवं लवण का रंग श्वेत हो जाता है।

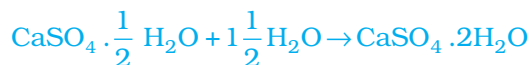
यदि आप क्रिस्टल को पुनः जल से भिगोते हैं तो क्रिस्टल का नीला रंग वापस आ जाता है।

लवण के एक सूत्र इकाई में जल के निश्चित अणुओं की संख्या को क्रिस्टलन का जल कहते हैं। कॉपर सल्फ़ेट की एक सूत्र इकाई में जल के पाँच अणु उपस्थित होते हैं। जलीय कॉपर सल्फ़ेट का रासायनिक सूत्र $CuSO_4.5H_2O$ है। क्या आप अब बता सकते हैं कि $Na_2CO_3.10H_2O$ का अणु आर्द्र है या नहीं।

जिप्सम एक अन्य लवण है, जिसमें क्रिस्टलन का जल होता है। इसमें क्रिस्टलन के जल के दो अणु होते हैं। इसका रासायनिक सूत्र $CaSO_4.2H_2O$ है। अब हम इस लवण के उपयोगों पर ध्यान देते हैं।

प्लास्टर ऑफ पेरिस

जिप्सम को 373 K पर गर्म करने पर यह जल के अणुओं का त्याग कर कैल्सियम सल्फ़ेट अर्धहाइड्रेट या हेमिहाइड्रेट ($CaSO_4.\frac{1}{2}H_2O$) बनाता है। इसे प्लास्टर ऑफ पेरिस कहते हैं। इस पदार्थ का उपयोग डॉक्टर टूटी हुई हड्डियों को सही जगह पर स्थिर रखने के लिए करते हैं। प्लास्टर ऑफ पेरिस एक सफ़ेद चूर्ण है, जो जल मिलाने पर यह पुनः जिप्सम बनकर कठोर ठोस पदार्थ प्रदान करता है।

$$\underset{\text{(प्लास्टर ऑफ पेरिस)}}{CaSO_4.\frac{1}{2}H_2O} + 1\frac{1}{2}H_2O \rightarrow \underset{\text{(जिप्सम)}}{CaSO_4.2H_2O}$$

ध्यान दीजिए कि जल का केवल आधा अणु क्रिस्टलन के जल के रूप में जुड़ा होता है। जल का आधा अणु कैसे प्राप्त होता है? $CaSO_4$ का दो इकाई सूत्र जल के एक अणु के साथ साझेदारी करते हैं। प्लास्टर ऑफ पेरिस का उपयोग खिलौना बनाने, सजावट का सामान एवं सतह को चिकना बनाने के लिए किया जाता है। पता करें कि कैल्सियम सल्फ़ेट अर्धहाइड्रेट को प्लास्टर ऑफ पेरिस क्यों कहा जाता है?

प्रश्न

1. $CaOCl_2$ यौगिक का प्रचलित नाम क्या है?
2. उस पदार्थ का नाम बताइए जो क्लोरीन से क्रिया करके विरंजक चूर्ण बनाता है।
3. कठोर जल को मृदु करने के लिए किस सोडियम यौगिक का उपयोग किया जाता है?
4. सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट के विलयन को गर्म करने पर क्या होगा? इस अभिक्रिया के लिए समीकरण लिखिए।
5. प्लास्टर ऑफ पेरिस की जल के साथ अभिक्रिया के लिए समीकरण लिखिए।

आपने क्या सीखा

- अम्ल-क्षारक सूचक रंजक या रंजकों के मिश्रण होते हैं, जिनका उपयोग अम्ल एवं क्षारक की उपस्थिति को सूचित करने के लिए किया जाता है।
- विलयन में H+(aq) आयन के निर्माण के कारण ही पदार्थ की प्रकृति अम्लीय होती है। विलयन में OH– (aq)आयन के निर्माण से पदार्थ की प्रकृति क्षारकीय होती है।
- जब कोई अम्ल किसी धातु के साथ अभिक्रिया करता है तो हाइड्रोजन गैस का उत्सर्जन होता है। साथ ही संगत लवण का निर्माण होता है।
- जब क्षारक किसी धातु से अभिक्रिया करता है तो हाइड्रोजन गैस के उत्सर्जन के साथ एक लवण का निर्माण होता है जिसका ऋण आयन एक धातु एवं ऑक्सीजन के परमाणुओं से संयुक्त रूप से निर्मित होता है।
- जब अम्ल किसी धातु कार्बोनेट या धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट से अभिक्रिया करता है तो यह संगत लवण कार्बन डाइऑक्साइड गैस एवं जल उत्पन्न करता है।
- जल में अम्लीय एवं क्षारकीय विलयन विद्युत का चालन करते हैं, क्योंकि ये क्रमशः हाइड्रोजन एवं हाइड्रॉक्साइड आयन का निर्माण करते हैं।
- अम्ल या क्षारक की प्रबलता की जाँच pH (0—14) स्केल के उपयोग से की जा सकती है, जो विलयन में हाइड्रोजन आयन की सांद्रता की माप होता है।
- एक उदासीन विलयन के pH का मान 7 होता है, जबकि अम्लीय विलयन के pH का मान 7 से कम एवं क्षारकीय विलयन के pH का मान 7 से अधिक होता है।
- सभी जीवों में उपापचय की क्रिया pH की एक इष्टतम सीमा में होती है।
- सांद्र अम्ल या क्षारक को जल के साथ मिश्रित करना एक अत्यन्त ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है।
- अम्ल एवं क्षारक एक-दूसरे को उदासीन करके लवण एवं जल का निर्माण करते हैं।
- लवण के एक सूत्र इकाई में जल के निश्चित अणुओं की संख्या को क्रिस्टलन का जल कहते हैं।
- हमारे दैनिक जीवन एवं उद्योगों में लवण के कई उपयोग हैं।

अभ्यास

1. कोई विलयन लाल लिटमस को नीला कर देता है, इसका pH संभवतः क्या होगा?

   (a) 1 (b) 4 (c) 5 (d) 10

2. कोई विलयन अंडे के पिसे हुए कवच से अभिक्रिया कर एक गैस उत्पन्न करता है, जो चूने के पानी को दूधिया कर देती है। इस विलयन में क्या होगा?

   (a) NaCl (b) HCl (c) LiCl (d) KCl

3. NaOH का 10 mL विलयन, HCl के 8 mL विलयन से पूर्णतः उदासीन हो जाता है। यदि हम NaOH के उसी विलयन का 20 mL लें तो इसे उदासीन करने के लिए HCl के उसी विलयन की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी?
   (a) 4 mL
   (b) 8 mL
   (c) 12 mL
   (d) 16 mL
4. अपच का उपचार करने के लिए निम्नलिखित में से किस औषधि का उपयोग होता है?
   (a) एंटीबायोटिक (प्रतिजैविक)
   (b) ऐनालजेसिक (पीड़ाहरी)
   (c) ऐन्टैसिड
   (d) एंटीसेप्टिक (प्रतिरोधी)
5. निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए पहले शब्द-समीकरण लिखिए तथा उसके बाद संतुलित समीकरण लिखिए—
   (a) तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल दानेदार जिंक के साथ अभिक्रिया करता है।
   (b) तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मैग्नीशियम पट्टी के साथ अभिक्रिया करता है।
   (c) तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल एल्युमिनियम चूर्ण के साथ अभिक्रिया करता है।
   (d) तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल लौह के रेतन के साथ अभिक्रिया करता है।
6. एल्कोहल एवं ग्लूकोज़ जैसे यौगिकों में भी हाइड्रोजन होते हैं, लेकिन इनका वर्गीकरण अम्ल की तरह नहीं होता है। एक क्रियाकलाप द्वारा इसे साबित कीजिए।
7. आसवित जल विद्युत का चालक क्यों नहीं होता, जबकि वर्षा जल होता है?
8. जल की अनुपस्थिति में अम्ल का व्यवहार अम्लीय क्यों नहीं होता है?
9. पाँच विलयनों A, B, C, D, व E की जब सार्वत्रिक सूचक से जाँच की जाती है तो pH के मान क्रमशः 4, 1, 11, 7 एवं 9 प्राप्त होते हैं। कौन सा विलयन—
   (a) उदासीन है?
   (b) प्रबल क्षारीय है?
   (c) प्रबल अम्लीय है?
   (d) दुर्बल अम्लीय है?
   (e) दुर्बल क्षारीय है?

   pH के मानों को हाइड्रोजन आयन की सांद्रता के आरोही क्रम में व्यवस्थित कीजिए।
10. परखनली 'A' एवं 'B' में समान लंबाई की मैग्नीशियम की पट्टी लीजिए। परखनली 'A' में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) तथा परखनली 'B' में ऐसिटिक अम्ल (CH_3COOH) डालिए। दोनों अम्लों की मात्रा तथा सांद्रता समान हैं। किस परखनली में अधिक तेज़ी से बुदबुदाहट होगी तथा क्यों?

11. ताज़े दूध के pH का मान 6 होता है। दही बन जाने पर इसके pH के मान में क्या परिवर्तन होगा? अपना उत्तर समझाइए।

12. एक ग्वाला ताज़े दूध में थोड़ा बेकिंग सोडा मिलाता है।
    (a) ताज़ा दूध के pH के मान को 6 से बदलकर थोड़ा क्षारीय क्यों बना देता है?
    (b) इस दूध को दही बनने में अधिक समय क्यों लगता है?

13. प्लास्टर ऑफ पेरिस को आर्द्र–रोधी बर्तन में क्यों रखा जाना चाहिए। इसकी व्याख्या कीजिए।

14. उदासीनीकरण अभिक्रिया क्या है? दो उदाहरण दीजिए।

15. धोने का सोडा एवं बेकिंग सोडा के दो-दो प्रमुख उपयोग बताइए।

सामूहिक क्रियाकलाप

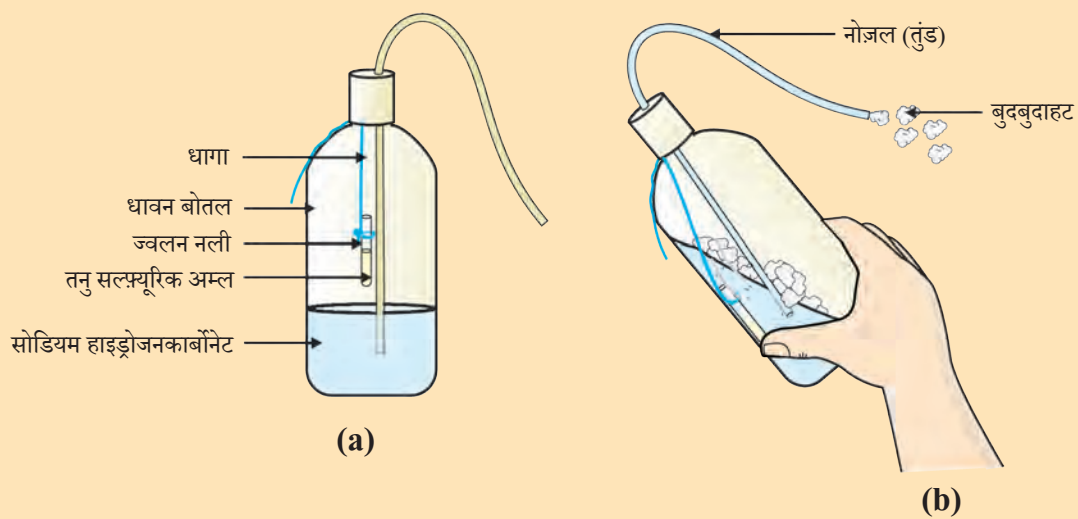
(I) आप अपना सूचक तैयार करें

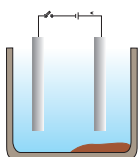
- खरल में चुकंदर की जड़ को पीसिए।
- निष्कर्ष प्राप्त करने के लिए पर्याप्त जल मिलाइए।
- पिछली कक्षाओं में पढ़ी गई विधियों द्वारा निष्कर्ष छान लीजिए।
- पदार्थों की जाँच के लिए निस्यंद को एकत्र कर लीजिए। इस पदार्थ को शायद आप पहले भी चख चुके हैं।
- परखनली स्टैंड में चार परखनलियों को व्यवस्थित कीजिए एवं उसे A, B, C एवं D से चिह्नित कीजिए। इन परखनलियों में क्रमशः नींबू रस का विलयन, सोडा-जल, सिरका एवं बेकिंग सोडा का 2 mL डालिए।
- प्रत्येक परखनली में चुकंदर जड़ के निचोड़ (निष्कर्ष) की 2–3 बूँदें मिलाइए एवं रंग में आए परिवर्तन पर ध्यान दीजिए। अपने प्रेक्षणों को सारणी में लिखिए।
- लाल पत्ता गोभी की पत्तियों, कुछ फूल, जैसे– पेटुनिया (Petunia), हाइड्रेंजिया (Hydrangea) एवं जेरानियम (Geranium) की पंखुड़ी आदि जैसे कुछ प्राकृतिक पदार्थों के निचोड़ से भी आप अपना सूचक बना सकते हैं।

(II) सोडा-अम्ल अग्निशामक तैयार करना

- कार्बन डाइऑक्साइड उत्पन्न करने वाले अग्निशामक में धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ अम्ल की अभिक्रिया का उपयोग होता है।
- एक धावन बोतल में सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट ($NaHCO_3$) विलयन का 20 mL विलयन लीजिए।
- तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल वाली ज्वलन नली को धावन बोतल में लटकाइए।
- धावन बोतल का मुँह बंद कर दीजिए।
- धावन बोतल को इस प्रकार से झुकाइए, जिससे कि ज्वलन नली का अम्ल सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट के विलयन से मिश्रित हो जाए।
- आप देखेंगे कि नोज़ल (तुंड) से बुदबुदाहट बाहर आ रही है।

2024-25

■ इसे एक जलती हुई मोमबत्ती की ओर लाइए। क्या होता है?

चित्र 2.10 *(a) सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट वाली धावन बोतल में लटकी हुई तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल वाली ज्वलन नली (b) नोज़ल से बाहर आती बुदबुदाहट*

अध्याय 3

धातु एवं अधातु

नौवीं कक्षा में आपने कई तत्वों के बारे में पढ़ा होगा। आपने देखा कि किस प्रकार तत्वों को उनके गुणधर्मों के आधार पर धातु एवं अधातु में वर्गीकृत किया जाता है।

- अपने दैनिक जीवन में धातु एवं अधातु के उपयोगों पर विचार कीजिए।
- आपके विचार से कौन से गुणधर्म तत्वों को धातु एवं अधातु में वर्गीकृत करते हैं?
- किस प्रकार यह गुणधर्म इन तत्वों के उपयोग से संबंधित है? हम इनके कुछ गुणधर्मों का विस्तार से अध्ययन करेंगे।

3.1 भौतिक गुणधर्म

3.1.1 धातु

इन पदार्थों के भौतिक गुणधर्मों की तुलना करके समूहों में अलग करना सबसे आसान है। इनके अध्ययन के लिए हम निम्नलिखित क्रियाकलापों की सहायता लेते हैं। अनुभाग 3.1 से 3.6 में दिए गए क्रियाकलापों के लिए निम्नलिखित धातुओं– आयरन, कॉपर, एल्युमिनियम, मैग्नीशियम, सोडियम, लेड, जिंक तथा आसानी से मिलने वाली कुछ अन्य धातुओं के नमूने इकट्ठे कीजिए।

क्रियाकलाप 3.1

- आयरन, कॉपर, एल्युमिनियम और मैग्नीशियम के नमूने लीजिए। प्रत्येक नमूना कैसा दिखाई देता है, उस पर ध्यान दीजिए।
- रेगमाल से रगड़कर प्रत्येक नमूने की सतह को साफ़ करके उसके स्वरूप पर फिर ध्यान दीजिए।

अपने शुद्ध रूप में धातु की सतह चमकदार होती है। धातु के इस गुणधर्म को **धात्विक चमक** कहते हैं।

क्रियाकलाप 3.2

- आयरन, कॉपर एल्युमिनियम तथा मैग्नीशियम का एक छोटा टुकड़ा लीजिए। इन धातुओं को तेज धार वाले चाकू से काटने का प्रयास कीजिए तथा अपने प्रेक्षणों को लिखिए।
- चिमटे से सोडियम धातु का एक टुकड़ा पकड़िए।
  सावधानी— सोडियम धातु का उपयोग करते समय हमेशा सावधान रहिए। फिल्टर पेपर के बीच दबाकर इसे सुखा लीजिए।
- वाच-ग्लास पर रखकर इसे चाकू से काटने का प्रयास कीजिए।
- आपने क्या देखा?

आप देखेंगे कि धातुएँ सामान्यतः कठोर होती हैं। प्रत्येक धातु की कठोरता अलग-अलग होती है।

क्रियाकलाप 3.3

- आयरन, जिंक, लेड तथा कॉपर के टुकड़े लीजिए।
- किसी एक धातु को लोहे के ब्लॉक (खंड) पर रखकर चार-पाँच बार हथौड़े से प्रहार कीजिए। आपने क्या देखा?
- अन्य धातुओं के साथ भी यही क्रिया कीजिए।
- इन धातुओं के आकार में हुए परिवर्तन को लिखिए।

आप देखेंगे कि कुछ धातुओं को पीटकर पतली चादर बनाया जा सकता है। इस गुणधर्म को **आघातवर्ध्यता** कहते हैं। क्या आप जानते हैं कि सोना तथा चाँदी सबसे अधिक आघातवर्ध्य धातुएँ हैं?

क्रियाकलाप 3.4

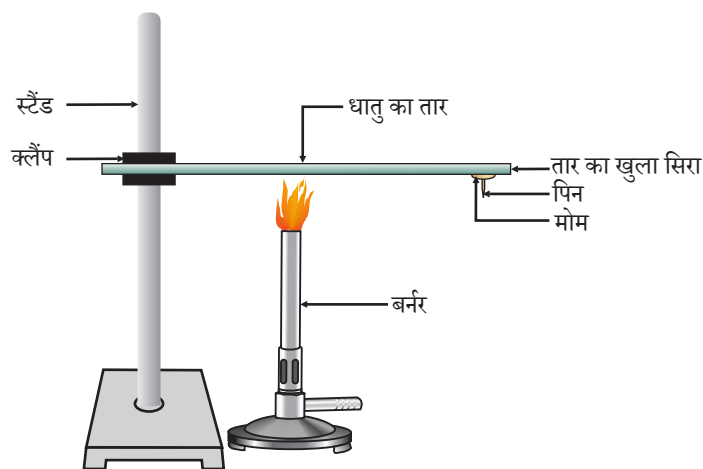
- उन धातुओं की सूची बनाइए, जिसके तार आप अपने दैनिक जीवन में देखते हैं।

धातु के पतले तार के रूप में खींचने की क्षमता को **तन्यता** कहा जाता है। सोना सबसे अधिक तन्य धातु है। आपको यह जानकर आश्चर्य होगा कि एक ग्राम सोने से 2 km लंबा तार बनाया जा सकता है।

आघातवर्ध्यता तथा तन्यता के कारण धातुओं को हमारी आवश्यकता के अनुसार विभिन्न आकार दिए जा सकते हैं।

क्या आप कुछ धातुओं के नाम बता सकते हैं, जिनका उपयोग खाना पकाने के बर्तन बनाने के लिए होता है? क्या आप जानते हैं इन धातुओं का उपयोग बर्तनों को बनाने के लिए क्यों किया जाता है? इसका उत्तर पाने के लिए आइए, हम निम्नलिखित क्रियाकलाप करते हैं।

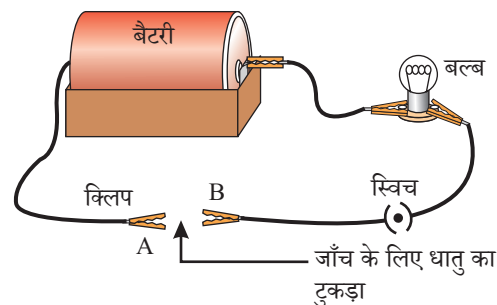
क्रियाकलाप 3.5

- एल्युमिनियम या कॉपर का तार लीजिए। क्लैंप की मदद से इस तार को स्टैंड से बाँध दीजिए जैसा चित्र 3.1 में दिखाया गया है।
- तार के खुले सिरे पर मोम का उपयोग कर एक पिन चिपका दीजिए।
- स्पिरिट लैंप, मोमबत्ती या बर्नर से क्लैंप के निकट तार को गर्म कीजिए।
- थोड़ी देर बाद आप क्या देखते हैं?
- अपने प्रेक्षणों को लिखिए। क्या धातु का तार द्रवित होता है?

चित्र 3.1 *धातु उष्मा के सुचालक होते हैं*

उपरोक्त क्रियाकलाप से पता चलता है कि धातु ऊष्मा के सुचालक हैं तथा इनका गलनांक बहुत अधिक होता है। सिल्वर तथा कॉपर ऊष्मा के सबसे अच्छे चालक हैं। इनकी तुलना में लेड तथा मर्करी ऊष्मा के कुचालक हैं।

क्या धातुएँ विद्युत की भी चालक हैं? आइए, पता करते हैं।

क्रियाकलाप 3.6

- चित्र 3.2 की तरह एक विद्युत सर्किट (परिपथ) तैयार कीजिए।
- जिस धातु की जाँच करनी है, उसे परिपथ में टर्मिनल (A) तथा टर्मिनल (B) के बीच उसी प्रकार रखिए जैसा चित्र 3.2 में दिखाया गया है।
- क्या बल्ब जलता है? इससे क्या पता चलता है?

चित्र 3.2
धातुएँ विद्युत की सुचालक होती हैं

आपने अवश्य देखा होगा कि जिस तार से आपके घर तक बिजली पहुँचती है, उस पर पॉलिवाइनिल क्लोराइड (PVC) अथवा रबड़ जैसी सामग्री की परत चढ़ी होती है। विद्युत तार पर ऐसे पदार्थों की परत क्यों होती है?

जब धातुएँ किसी कठोर सतह से टकराती हैं तो क्या होता है? क्या वह कोई आवाज़ उत्पन्न करती हैं? जो धातुएँ कठोर सतह से टकराने पर आवाज़ उत्पन्न करती हैं, उन्हें **ध्वानिक** (सोनोरस) कहते हैं। क्या अब आप बता सकते हैं कि स्कूल की घंटी धातु की क्यों बनी होती है?

3.1.2 अधातु

पिछली कक्षा में आप अध्ययन कर चुके हैं कि धातुओं की तुलना में अधातुओं की संख्या कम है। कार्बन, सल्फ़र, आयोडीन, ऑक्सीजन, हाइड्रोजन आदि अधातुओं के कुछ उदाहरण हैं। ब्रोमीन ऐसी अधातु है, जो द्रव होती है। इसके अलावा सारी अधातुएँ या तो ठोस या फिर गैसें होती हैं। क्या धातुओं के समान अधातुओं के भी कुछ गुणधर्म होते हैं? आइए, पता करते हैं।

क्रियाकलाप 3.7

- कार्बन (कोल या ग्रेफाइट), सल्फ़र तथा आयोडीन के नमूने एकत्र कीजिए।
- इन अधातुओं से 3.1 से 3.4 और 3.6 तक के क्रियाकलापों को दोहराइए तथा अपने प्रेक्षणों को लिखिए।

धातुओं एवं अधातुओं से संबंधित अपने प्रेक्षणों को सारणी 3.1 में संकलित कीजिए।

सारणी 3.1

तत्व	चिह्न	सतह का प्रकार	कठोरता	आघातवर्ध्यता	तन्यता	विद्युत चालकता	ध्वनिकता

सारणी 3.1 मे लिखे प्रेक्षणों के आधार पर अपनी कक्षा में धातुओं तथा अधातुओं के सामान्य गुणधर्मों की चर्चा कीजिए। आप निश्चित रूप से इस निष्कर्ष पर पहुँचे होंगे कि केवल भौतिक गुणधर्मों के आधार पर ही हम तत्वों का वर्गीकरण नहीं कर सकते, क्योंकि इसमें कई अपवाद हैं। उदाहरण के लिए—

(i) मर्करी को छोड़कर सारी धातुएँ कमरे के ताप पर ठोस अवस्था में पाई जाती हैं। क्रियाकलाप 3.5 में आपने देखा कि धातुओं का गलनांक अधिक होता है, लेकिन गैलियम और सीज़ियम का गलनांक बहुत कम है। यदि आप अपनी हथेली पर इन दोनों धातुओं को रखेंगे तो ये पिघलने लगेंगी।

(ii) आयोडीन अधातु होते हुए भी चमकीला होता है।

(iii) कार्बन ऐसी अधातु है, जो विभिन्न रूपों में विद्यमान रहती है। प्रत्येक रूप को **अपररूप** कहते हैं। हीरा कार्बन का एक अपररूप है। यह सबसे कठोर प्राकृतिक पदार्थ है एवं इसका गलनांक तथा क्वथनांक बहुत अधिक होता है। कार्बन का एक अन्य अपररूप ग्रेफ़ाइट, विद्युत का सुचालक है।

(iv) क्षारीय धातु (लीथियम, सोडियम, पोटैशियम) इतनी मुलायम होती हैं कि उनको चाकू से भी काटा जा सकता है। इनके घनत्व तथा गलनांक कम होते हैं।

तत्वों को उनके रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर अधिक स्पष्टता से धातुओं एवं अधातुओं में वर्गीकृत किया जा सकता है।

क्रियाकलाप 3.8

- मैग्नीशियम की एक पट्टी तथा थोड़ा सल्फ़र चूर्ण लीजिए।
- मैग्नीशियम की पट्टी का दहन कीजिए। उसकी राख को इकट्ठा करके उसे पानी में घोल दीजिए।
- लाल तथा नीले लिटमस पेपर से प्राप्त विलयन की जाँच कीजिए।
- मैग्नीशियम के दहन से जो उत्पाद मिला है वह अम्लीय है या क्षारकीय?
- अब सल्फ़र के चूर्ण का दहन कीजिए। दहन से उत्पन्न धुएँ को एकत्र करने के लिए उसके ऊपर एक परखनली रख दीजिए।

2024-25

- इस परखनली में जल डालकर उसे अच्छी तरह मिला दीजिए।
- नीले तथा लाल लिटमस पेपर से इस विलयन की जाँच कीजिए।
- सल्फ़र के दहन से उत्पन्न पदार्थ अम्लीय है या क्षारकीय।
- क्या आप इन अभिक्रियाओं के समीकरण लिख सकते हैं?

अधिकांश अधातुएँ ऑक्साइड प्रदान करती हैं, जो जल में घुलकर अम्ल बनाती हैं। वहीं अधिकतर धातुएँ क्षारकीय ऑक्साइड प्रदान करती हैं। अगले भाग में आपको धातुओं के ऑक्साइडों के बारे में अधिक जानकारी प्राप्त होगी।

प्रश्न

1. ऐसी धातु का उदाहरण दीजिए जो—
   - (i) कमरे के ताप पर द्रव होती है।
   - (ii) चाकू से आसानी से काटा जा सकता है।
   - (iii) ऊष्मा की सबसे अच्छी चालक होती है।
   - (iv) ऊष्मा की कुचालक होती है।
2. आघातवर्ध्य तथा तन्य का अर्थ बताइए।

3.2 धातुओं के रासायनिक गुणधर्म

धातुओं के रासायनिक गुणधर्मों के बारे में हम भाग 3.2.1 से 3.2.4 में पढ़ेंगे। इसके लिए निम्नलिखित धातुओं के नमूने एकत्र कीजिए— एल्युमिनियम, कॉपर, आयरन, लेड, मैग्नीशियम, जिंक तथा सोडियम।

3.2.1 धातुओं का वायु में दहन करने से क्या होता है?

क्रियाकलाप 3.8 में आपने देखा कि वायु में चमकदार श्वेत ज्वाला के साथ मैग्नीशियम का दहन होता है। क्या सभी धातुएँ इसी प्रकार अभिक्रिया करती हैं? आइए, निम्नलिखित क्रियाकलापों द्वारा इसकी जाँच करते हैं।

क्रियाकलाप 3.9

सावधानी— निम्नलिखित क्रियाकलाप में शिक्षक का सहयोग आवश्यक है। आँखों की सुरक्षा के लिए छात्र चश्मा लगा लें तो बेहतर होगा।

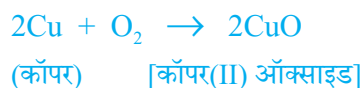
- एकत्र की गई किसी धातु को चिमटे से पकड़कर ज्वाला पर उसका दहन कीजिए। अन्य धातुओं के साथ भी यही क्रिया दोहराइए।
- इससे उत्पन्न पदार्थ को एकत्र कीजिए।
- उत्पाद तथा धातु की सतह को ठंडा होने दीजिए।
- किस धातु का दहन आसानी से होता है?
- जब धातु का दहन हो रहा था तो ज्वाला का रंग क्या था?
- दहन के पश्चात धातु की सतह कैसी प्रतीत होती है?
- धातुओं को ऑक्सीजन के साथ अभिक्रियाशीलता के आधार पर घटते क्रम में व्यवस्थित कीजिए।
- क्या इनके उत्पाद जल में घुलनशील हैं?

लगभग सभी धातुएँ ऑक्सीजन के साथ मिलकर संगत धातु के ऑक्साइड बनाती हैं।

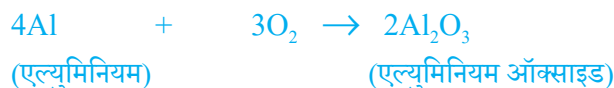
धातु + ऑक्सीजन $\longrightarrow$ धातु ऑक्साइड

उदाहरण के लिए— जब कॉपर को वायु की उपस्थिति में गर्म किया जाता है तो यह ऑक्सीजन के साथ मिलकर काले रंग का कॉपर (II) ऑक्साइड बनाता है।

$$2Cu + O_2 \longrightarrow 2CuO$$

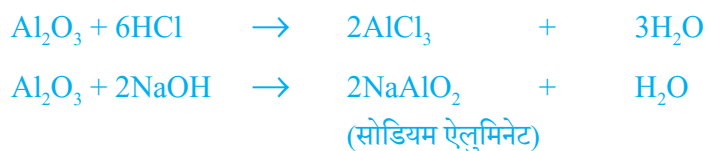
(कॉपर) [कॉपर(II) ऑक्साइड]

इसी प्रकार एल्युमिनियम एल्युमिनियम ऑक्साइड प्रदान करता है।

$$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$$

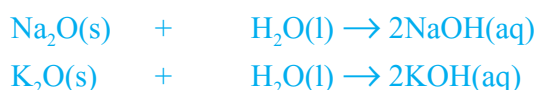
(एल्युमिनियम) (एल्युमिनियम ऑक्साइड)

अध्याय 2 में आपने देखा कि कॉपर ऑक्साइड हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से कैसे अभिक्रिया करता है। हम जानते हैं कि धातु ऑक्साइड की प्रकृति क्षारकीय होती है, लेकिन एल्युमिनियम ऑक्साइड, जिंक ऑक्साइड जैसी कुछ धातुएँ ऑक्साइड अम्लीय तथा क्षारकीय दोनों प्रकार के व्यवहार प्रदर्शित करती हैं। ऐसे धातु ऑक्साइड, जो अम्ल तथा क्षारक दोनों से अभिक्रिया करके लवण तथा जल प्रदान करते हैं, **उभयधर्मी ऑक्साइड** कहलाते हैं। अम्ल तथा क्षारक के साथ एल्युमिनियम ऑक्साइड निम्नलिखित प्रकार से अभिक्रिया करता है—

$$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow 2NaAlO_2 + H_2O$$

(सोडियम ऐलुमिनेट)

अधिकांश धातु ऑक्साइड जल में अघुलनशील हैं, लेकिन इनमें से कुछ जल में घुलकर क्षार प्रदान करते हैं। सोडियम ऑक्साइड एवं पोटैशियम ऑक्साइड निम्नलिखित प्रकार से जल में घुलकर क्षार प्रदान करते हैं—

$$Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)$$

$$K_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2KOH(aq)$$

क्रियाकलाप 3.9 में हमने देखा कि ऑक्सीजन के साथ सभी धातुएँ एक ही दर से अभिक्रिया नहीं करती हैं। विभिन्न धातुएँ ऑक्सीजन के साथ विभिन्न अभिक्रियाशीलता प्रदर्शित करती हैं। पोटैशियम तथा सोडियम जैसी कुछ धातुएँ इतनी तेज़ी से अभिक्रिया करती हैं कि खुले में रखने पर आग पकड़ लेती हैं। इसलिए, इन्हें सुरक्षित रखने तथा आकस्मिक आग को रोकने के लिए किरोसिन तेल में डुबोकर रखा जाता है। सामान्य ताप पर मैग्नीशियम, एल्युमिनियम, जिंक, लेड आदि जैसी धातुओं की सतह पर ऑक्साइड की पतली परत चढ़ जाती है। ऑक्साइड की यह परत धातुओं को पुनः ऑक्सीकरण से सुरक्षित रखती है। गर्म करने पर आयरन का दहन तो नहीं होता है, लेकिन जब बर्नर की ज्वाला में लौह चूर्ण डालते हैं तब वह तेज़ी से जलने लगता है। कॉपर का दहन तो नहीं होता है, लेकिन गर्म धातु पर कॉपर (II) ऑक्साइड की काले रंग की परत चढ़ जाती है। सिल्वर एवं गोल्ड अत्यंत अधिक ताप पर भी ऑक्सीजन के साथ अभिक्रिया नहीं करते हैं।

क्या आप जानते हैं?

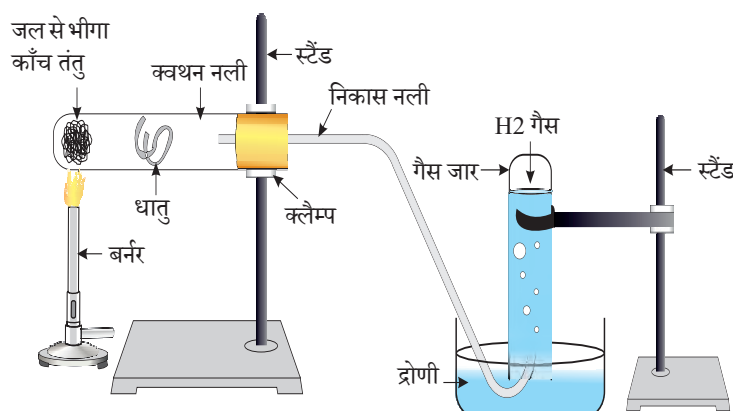
ऐनोडीकरण (Anodising) एल्युमिनियम पर मोटी ऑक्साइड की परत बनाने की प्रक्रिया है। वायु के संपर्क में आने पर एल्युमिनियम पर ऑक्साइड की पतली परत का निर्माण होता है। एल्युमिनियम ऑक्साइड की परत इसे संक्षारण से बचाती है। इस परत को मोटा करके इसे संक्षारण से अधिक सुरक्षित किया जा सकता है। ऐनोडीकरण के लिए एल्युमिनियम की एक साफ़ वस्तु को ऐनोड बनाकर तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल के साथ इसका विद्युत-अपघटन किया जाता है। ऐनोड पर उत्सर्जित ऑक्सीजन गैस एल्युमिनियम के साथ अभिक्रिया करके ऑक्साइड की एक मोटी परत बनाती है। इस ऑक्साइड की परत को आसानी से रँगकर एल्युमिनियम की आकर्षक वस्तुएँ बनाई जा सकती हैं।

क्रियाकलाप 3.9 करने के बाद आपने देखा होगा कि उन धातुओं के नमूनों में सोडियम सबसे अधिक अभिक्रियाशील है। मैग्नीशियम धीमी अभिक्रिया करता है और यह सोडियम की अपेक्षा कम अभिक्रियाशील है, लेकिन ऑक्सीजन में दहन करने से हमें ज़िंक, आयरन, कॉपर तथा लेड की अभिक्रियाशीलता का पता नहीं चलता है। कुछ और अभिक्रियाओं को देखकर हम इन धातुओं की अभिक्रियाशीलता का क्रम बनाने का प्रयास करते हैं।

3.2.2 धातुएँ जब जल के साथ अभिक्रिया करती हैं तो क्या होता है?

क्रियाकलाप 3.10

सावधानी— इस क्रियाकलाप में शिक्षक के सहयोग की आवश्यकता है।

- क्रियाकलाप 3.9 की तरह समान धातुओं के नमूने एकत्र कीजिए।
- ठंडे जल से आधे भरे बीकर में नमूने के छोटे टुकड़ों को अलग-अलग डालिए।
- कौनसी धातु ठंडे जल से अभिक्रिया करती है? ठंडे पानी के साथ अभिक्रियाशीलता के आधार पर उन्हें आरोही क्रम में व्यवस्थित कीजिए।
- क्या कोई धातु जल में आग उत्पन्न करती है?
- थोड़ी देर बाद क्या कोई धातु जल में तैरने लगती है?
- जो धातुएँ ठंडे जल के साथ अभिक्रिया नहीं करती हैं, उन्हें ऐसे बीकरों में डालिए जो गर्म जल से आधे भरे हुए हों।
- जो धातुएँ गर्म जल के साथ अभिक्रिया नहीं करती हैं, उसके लिए चित्र 3.3 की तरह उपकरण व्यवस्थित कीजिए तथा भाप के साथ उसकी अभिक्रिया को प्रेक्षित कीजिए।
- कौन-सी धातुएँ भाप के साथ भी अभिक्रिया नहीं करती हैं?
- जल के साथ अभिक्रियाशीलता के आधार पर धातुओं को अवरोही क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

चित्र 3.3 धातु पर भाप की क्रिया

जल के साथ अभिक्रिया करके धातुएँ हाइड्रोजन गैस तथा धातु ऑक्साइड उत्पन्न करती हैं। जो धातु ऑक्साइड जल में घुलनशील हैं, जल में घुलकर धातु हाइड्रॉक्साइड प्रदान करते हैं, लेकिन सभी धातुएँ जल के साथ अभिक्रिया नहीं करती हैं।

धातु + जल ⟶ धातु ऑक्साइड + हाइड्रोजन

धातु ऑक्साइड + जल ⟶ धातु हाइड्रॉक्साइड

पोटैशियम एवं सोडियम जैसी धातुएँ ठंडे जल के साथ तेज़ी से अभिक्रिया करती हैं। सोडियम तथा पोटैशियम की अभिक्रिया तेज़ तथा ऊष्माक्षेपी होती है कि इससे उत्सर्जित हाइड्रोजन तत्काल प्रज्ज्वलित हो जाती है।

$2K(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2KOH(aq) + H_2(g)$ + ऊष्मीय ऊर्जा

$2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$ + ऊष्मीय ऊर्जा

जल के साथ कैल्सियम की अभिक्रिया थोड़ी धीमी होती है। यहाँ उत्सर्जित ऊष्मा हाइड्रोजन के प्रज्ज्वलित होने के लिए पर्याप्त नहीं होती है।

$Ca(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g)$

क्योंकि उपरोक्त अभिक्रिया में उत्पन्न हाइड्रोजन गैस के बुलबुले कैल्सियम धातु की सतह पर चिपक जाते हैं। अतः कैल्सियम तैरना प्रारंभ कर देता है।

मैग्नीशियम शीतल जल के साथ अभिक्रिया नहीं करता है, परंतु गर्म जल के साथ अभिक्रिया करके वह मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड एवं हाइड्रोजन गैस उत्पन्न करता है। चूँकि हाइड्रोजन गैस के बुलबुले मैग्नीशियम धातु की सतह से चिपक जाते हैं। अतः यह भी तैरना प्रारंभ कर देते हैं।

एल्युमिनियम, आयरन तथा जिंक जैसी धातुएँ न तो शीतल जल के साथ और न ही गर्म जल के साथ अभिक्रिया करती हैं, लेकिन भाप के साथ अभिक्रिया करके यह धातु ऑक्साइड तथा हाइड्रोजन प्रदान करती हैं।

$2Al(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2(g)$

$3Fe(s) + 4H_2O(g) \longrightarrow Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

लेड, कॉपर, सिल्वर तथा गोल्ड जैसी धातुएँ जल के साथ बिल्कुल अभिक्रिया नहीं करती हैं।

3.2.3 क्या होता है, जब धातुएँ अम्लों के साथ अभिक्रिया करती हैं?

आप पहले ही अध्ययन कर चुके हैं कि धातुएँ अम्ल के साथ अभिक्रिया करके संगत लवण तथा हाइड्रोजन गैस प्रदान करती हैं।

धातु + तनु अम्ल ⟶ लवण + हाइड्रोजन

लेकिन क्या सभी धातुएँ इसी प्रकार अभिक्रिया करती हैं? आइए पता करते हैं।

क्रियाकलाप 3.11

- सोडियम तथा पोटैशियम के अतिरिक्त बाकी सभी धातुओं के नमूने एकत्र कीजिए। यदि नमूने मलीन हैं तो रेगमाल से रगड़कर उन्हें साफ़ कर लीजिए।
  सावधानी— सोडियम तथा पोटैशियम को नहीं लीजिए, क्योंकि वे ठंडे जल के साथ भी तेज़ी से अभिक्रिया करते हैं।

- नमूनों को अलग-अलग तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल युक्त परखनलियों में डालिए।
- थर्मामीटर को परखनलियों में इस प्रकार लटका दें कि उसका बल्ब अम्ल में डूब जाए।
- बुलबुले बनने की दर का सावधानीपूर्वक प्रेक्षण कीजिए।
- कौन-सी धातुएँ तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ तेज़ी से अभिक्रिया करती हैं?
- आपने किस धातु के साथ सबसे अधिक ताप रिकार्ड किया?
- तनु अम्ल के साथ अभिक्रियाशीलता के आधार पर धातुओं को अवरोही क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ मैग्नीशियम, एल्युमिनियम, जिंक तथा आयरन की अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए।

जब धातुएँ नाइट्रिक अम्ल के साथ अभिक्रिया करती हैं तब हाइड्रोजन गैस उत्सर्जित नहीं होती है, क्योंकि HNO_3 एक प्रबल ऑक्सीकारक होता है जो उत्पन्न H_2 को ऑक्सीकृत करके जल में परिवर्तित कर देता है एवं स्वयं नाइट्रोजन के किसी ऑक्साइड (N_2O, NO, NO_2) में अपचयित हो जाता है, लेकिन मैग्नीशियम (Mg) एवं मैंगनीज (Mn), अति तनु HNO_3 के साथ अभिक्रिया कर H_2 गैस उत्सर्जित करते हैं।

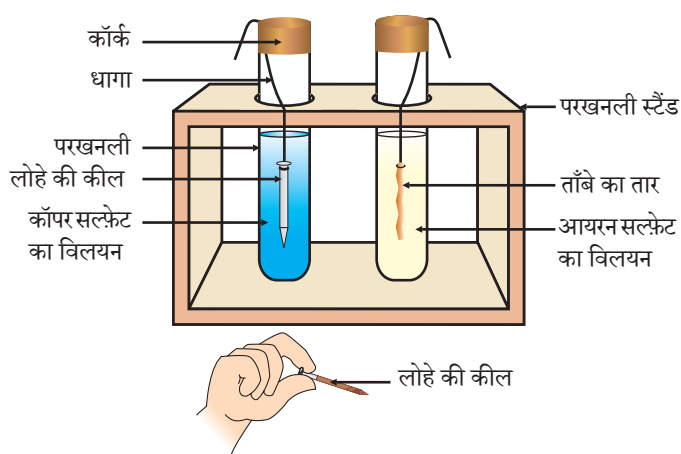
क्रियाकलाप 3.11 में आपने देखा कि बुलबुले बनने की दर मैग्नीशियम के साथ सबसे अधिक थी। इस स्थिति में अभिक्रिया सबसे अधिक ऊष्माक्षेपी थी। अभिक्रियाशीलता इस क्रम में घटती है— Mg > Al >Zn >Fe। कॉपर की स्थिति में न तो बुलबुले बनते हैं और न ही ताप में कोई परिवर्तन होता है। इससे पता चलता है कि कॉपर तनु HCl के साथ अभिक्रिया नहीं करता है।

क्या आप जानते हैं?

एक्वा रेजिया – Aqua regia (रॉयल जल का लैटिन शब्द) 3:1 के अनुपात में सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल एवं सांद्र नाइट्रिक अम्ल का ताज़ा मिश्रण होता है। यह गोल्ड को गला सकता है, जबकि दोनों में से किसी अम्ल में अकेले यह क्षमता नहीं होती है। एक्वा रेजिया भभकता द्रव होने के साथ प्रबल संक्षारक है। यह उन अभिकर्मकों में से एक है, जो गोल्ड एवं प्लैटिनम को गलाने में समर्थ होता है।

3.2.4 अन्य धातु लवणों के विलयन के साथ धातुएँ कैसे अभिक्रिया करती हैं?

क्रियाकलाप 3.12

- कॉपर का एक स्वच्छ तार एवं आयरन की एक कील लीजिए।
- कॉपर के तार को परखनली में रखे आयरन सल्फ़ेट के विलयन तथा आयरन की कील को दूसरी परखनली में रखे कॉपर सल्फ़ेट के विलयन (चित्र 3.4) में डाल दीजिए।
- 20 मिनट के बाद अपने प्रेक्षणों को रिकार्ड कीजिए।
- आपको किस परखनली में कोई अभिक्रिया हुई है, इसका पता चलता है?
- किस आधार पर आप कह सकते हैं कि वास्तव में कोई अभिक्रिया हुई है?
- क्या आप अपने प्रेक्षणों को क्रियाकलाप 3.9, 3.10, तथा 3.11 से कोई संबंध स्थापित कर सकते हैं?
- इस अभिक्रिया के लिए संतुलित रसायनिक समीकरण लिखिए।
- यह किस प्रकार की अभिक्रिया है?

***चित्र 3.4** धातु की लवण विलयन के साथ अभिक्रिया*

अभिक्रियाशील धातु अपने से कम अभिक्रियाशील धातु को उसके यौगिक के विलयन या गलित अवस्था से विस्थापित कर देती है।

पिछले खंड में हमने देखा कि सभी धातुओं की अभिक्रियाशीलता समान नहीं होती है। हमने ऑक्सीजन, जल एवं अम्ल के साथ विभिन्न धातुओं की अभिक्रियशीलता की जाँच की, लेकिन सभी धातुएँ इन अभिकर्मकों के साथ अभिक्रिया नहीं करती हैं। इसलिए हम सभी धातुओं के नमूने को अभिक्रियाशीलता के अवरोही क्रम में नहीं रख सके। आपने अध्याय 1 में जो विस्थापन अभिक्रियाओं का अध्ययन किया वह धातुओं की अभिक्रियाशीलता का उत्तम प्रमाण प्रस्तुत करता है। इसे समझना बहुत ही आसान एवं सरल है। अगर धातु (A) धातु (B) को उसके विलयन से विस्थापित कर देती है तो यह धातु (B) की अपेक्षा अधिक अभिक्रियाशील है।

धातु (A) + (B) का लवण विलयन $\longrightarrow$ (A) का लवण विलयन + धातु (B)

क्रियाकलाप 3.12 में आपके प्रेक्षणों के आधार पर कॉपर तथा आयरन में से कौन-सी धातु अधिक अभिक्रियाशील है?

3.2.5 सक्रियता श्रेणी

सक्रियता श्रेणी वह सूची है, जिसमें धातुओं की क्रियाशीलता को अवरोही क्रम में व्यवस्थित किया जाता है। विस्थापन के प्रयोगों के बाद (क्रियाकलाप 1.9 तथा 3.12) निम्नलिखित श्रेणी (सारणी 3.2) को विकसित किया गया है, जिसे **सक्रियता श्रेणी** कहते हैं।

सारणी 3.2 सक्रियता श्रेणी : धातुओं की सापेक्ष अभिक्रियाशीलताएँ

K	पोटैशियम	सबसे अधिक अभिक्रियाशील
Na	सोडियम	
Ca	कैल्सियम	
Mg	मैग्नीशियम	
Al	एल्युमिनियम	
Zn	जिंक	घटती अभिक्रियाशीलता
Fe	आयरन	
Pb	लेड	
[H]	[हाइड्रोजन]	
Cu	कॉपर (ताँबा)	
Hg	मर्करी (पारद)	
Ag	सिल्वर	
Au	गोल्ड	सबसे कम अभिक्रियाशील

प्रश्न

1. सोडियम को किरोसिन में डुबोकर क्यों रखा जाता हैं?
2. इन अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए—
   (i) भाप के साथ आयरन।
   (ii) जल के साथ कैल्सियम तथा पोटैशियम।
3. A, B, C एवं D चार धातुओं के नमूनों को लेकर एक-एक करके निम्नलिखित विलयन में डाला गया। इससे प्राप्त परिणाम को निम्नलिखित प्रकार से सारणीबद्ध किया गया है:

धातु	आयरन(II) सल्फ़ेट	कॉपर(II) सल्फ़ेट	जिंक सल्फ़ेट	सिल्वर नाइट्रेट
A	कोई अभिक्रिया नहीं	विस्थापन		
B	विस्थापन		कोई अभिक्रिया नहीं	
C	कोई अभिक्रिया नहीं	कोई अभिक्रिया नहीं	कोई अभिक्रिया नहीं	विस्थापन
D	कोई अभिक्रिया नहीं	कोई अभिक्रिया नहीं	कोई अभिक्रिया नहीं	कोई अभिक्रिया नहीं

   इस सारणी का उपयोग कर धातु A, B, C एवं D के संबंध में निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए—
   (i) सबसे अधिक अभिक्रियाशील धातु कौन सी है?
   (ii) धातु B को कॉपर(II) सल्फ़ेट के विलयन में डाला जाए तो क्या होगा?
   (iii) धातु A, B, C एवं D को अभिक्रियाशीलता के घटते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए।
4. अभिक्रियाशील धातु को तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में डाला जाता है तो कौन-सी गैस निकलती है? आयरन के साथ तनु H_2SO_4 की रासायनिक अभिक्रिया लिखिए।
5. जिंक को आयरन (II) सल्फ़ेट के विलयन में डालने से क्या होता है? इसकी रासायनिक अभिक्रिया लिखिए।

3.3 धातुएँ एवं अधातुएँ कैसे अभिक्रिया करती हैं?

ऊपर के क्रियाकलापों में आपने कई अभिकर्मकों के साथ धातुओं की अभिक्रियाएँ देखीं। धातुएँ इस प्रकार की अभिक्रिया क्यों प्रदर्शित करती हैं? नवीं कक्षा में अध्ययन किए गए तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को स्मरण कीजिए? हमने जाना कि संयोजकता कोश पूर्ण होने के कारण उत्कृष्ट गैसों की रासायनिक अभिक्रियाएँ बहुत कम होती हैं। इसलिए, हम तत्वों की अभिक्रियाशीलता को, संयोजकता कोश को पूर्ण करने की प्रवृत्ति के रूप में समझ सकते हैं।

उत्कृष्ट गैसों एवं कुछ धातुओं तथा अधातुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर ध्यान दीजिए।

सारणी 3.3 में हम देख सकते हैं कि सोडियम परमाणु के बाह्यतम कोश में केवल एक इलेक्ट्रॉन है। यदि यह अपने M कोश से एक इलेक्ट्रॉन को त्याग देता है तब L कोश इसका बाह्यतम कोश बन जाता है, जिसमें स्थायी अष्टक उपस्थित है। इस परमाणु के नाभिक में 11 प्रोटॉन हैं, लेकिन इलेक्ट्रॉनों की संख्या 10 होने के कारण इसमें धन आवेश की अधिकता होती है तथा यह सोडियम धनायन Na^+ प्रदान करता है। दूसरी ओर, क्लोरीन के बाह्यतम कोश में 7 इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा अष्टक पूर्ण होने के लिए इसे एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। यदि सोडियम एवं क्लोरीन

अभिक्रिया करें तो सोडियम द्वारा त्यागा गया एक इलेक्ट्रॉन क्लोरीन ग्रहण कर लेता है। एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके क्लोरीन-परमाणु, इकाई ऋण आवेश प्राप्त करता है, क्योंकि इसके नाभिक में 17 प्रोटॉन होते हैं तथा इसके K, L, एवं M कोशों में 18 इलेक्ट्रॉन होते हैं। इससे क्लोराइड ऋणायन Cl^- प्राप्त होता है। इसलिए यह दोनों तत्वों के बीच निम्नलिखित प्रकार से आदान-प्रदान का संबंध (चित्र 3.5) स्थापित हो जाता है।

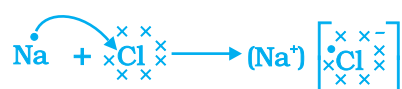
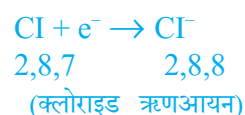
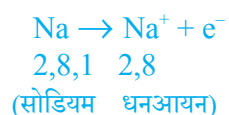
सारणी 3.3 कुछ तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

तत्वों के प्रकार	तत्व	परमाणु संख्या	कोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या			
			K	L	M	N
उत्कृष्ट गैसें	हीलियम (He)	2	2			
	निऑन (Ne)	10	2	8		
	ऑर्गन (Ar)	18	2	8	8	
धातुएँ	सोडियम (Na)	11	2	8	1	
	मैग्नीशियम (Mg)	12	2	8	2	
	एल्युमिनियम (Al)	13	2	8	3	
	पोटैशियम (K)	19	2	8	8	1
	कैल्सियम (Ca)	20	2	8	8	2
अधातुएँ	नाइट्रोजन (N)	7	2	5		
	ऑक्सीजन (O)	8	2	6		
	फ़्लुओरीन (F)	9	2	7		
	फॉस्फोरस (P)	15	2	8	5	
	सल्फ़र (S)	16	2	8	6	
	क्लोरीन (Cl)	17	2	8	7	

विपरीत आवेश होने के कारण सोडियम तथा क्लोराइड आयन परस्पर आकर्षित होते हैं तथा मजबूत स्थिर वैद्युत बल में बँधकर सोडियम क्लोराइड (Nacl) के रूप में उपस्थित रहते हैं। ध्यान देने योग्य बात है कि सोडियम क्लोराइड अणु के रूप में नहीं पाया जाता है, बल्कि यह विपरीत आयनों का समुच्चय होता है।

$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$
2,8,1 2,8
(सोडियम धनआयन)

$Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$
2,8,7 2,8,8
(क्लोराइड ऋणआयन)

$Na + Cl \longrightarrow (Na^+)[Cl]^-$

चित्र 3.5 सोडियम क्लोराइड का निर्माण

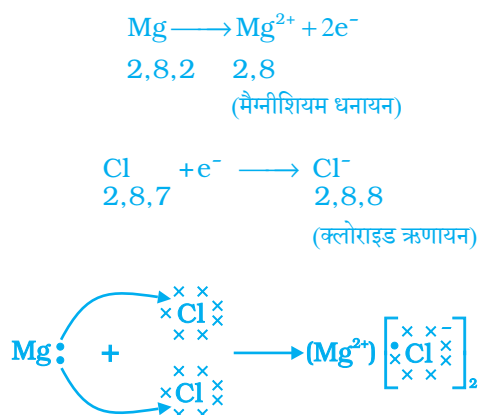
अब एक और आयनिक यौगिक, मैग्नीशियम क्लोराइड के निर्माण को चित्र 3.6 में दर्शाया गया है।

$$\underset{2,8,2}{Mg} \longrightarrow \underset{2,8}{Mg^{2+}} + 2e^-$$

(मैग्नीशियम धनायन)

$$\underset{2,8,7}{Cl} + e^- \longrightarrow \underset{2,8,8}{Cl^-}$$

(क्लोराइड ऋणायन)

$$Mg\!: + \; 2\,Cl \longrightarrow (Mg^{2+})\,[:Cl:]^-_2$$

चित्र 3.6 मैग्नीशियम क्लोराइड का निर्माण

धातु से अधातु में इलेक्ट्रॉन के स्थानांतरण से बने यौगिकों को आयनिक यौगिक या वैद्युत संयोजक यौगिक कहा जाता है। क्या आप $MgCl_2$ में उपस्थित धनायन एवं ऋणायन का नाम बता सकते हैं?

3.3.1 आयनिक यौगिकों के गुणधर्म

आयनिक यौगिकों के गुणधर्मों के बारे में जानने के लिए आइए, निम्नलिखित क्रियाकलाप करते हैं।

चित्र 3.7
स्पैचुला पर लवण के नमूने को गर्म करना

क्रियाकलाप 3.13

- विज्ञान की प्रयोगशाला से सोडियम क्लोराइड, पोटैशियम आयोडाइड, बेरियम क्लोराइड या किसी अन्य लवण का नमूना लीजिए।
- इन लवणों की भौतिक अवस्था क्या है?
- धातु के स्पैचुला पर छोटी मात्रा में नमूने को लीजिए तथा इसे ज्वाला पर (चित्र 3.7) गर्म कीजिए। अन्य नमूनों के साथ भी यही क्रिया दोहराइए।
- आप क्या देखते हैं? क्या ये नमूने ज्वाला को रंग प्रदान करते हैं? क्या यौगिक पिघलते हैं?
- नमूने को जल, पेट्रोल एवं किरोसिन में घोलने का प्रयास कीजिए। क्या ये घुलनशील हैं?
- चित्र 3.8 की तरह एक परिपथ बनाइए और किसी एक लवण के विलयन में इलैक्ट्रोड डाल दीजिए। आप क्या देखते हैं? इसी प्रकार अन्य लवण नमूनों की भी जाँच कीजिए।
- इन यौगिकों की प्रकृति के संबंध में आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

चित्र 3.8
लवण के विलयन की चालकता की जाँच

सारणी 3.4 कुछ आयनिक यौगिकों के गलनांक एवं क्वथनांक

आयनिक यौगिक	गलनांक (K)	क्वथनांक (K)
NaCl	1074	1686
LiCl	887	1600
$CaCl_2$	1045	1900
CaO	2850	3120
$MgCl_2$	981	1685

आयनिक यौगिकों के निम्नलिखित सामान्य गुणधर्मों पर आपने ध्यान दिया होगा—

(i) *भौतिक प्रकृति*— धन एवं ऋण आयनों के बीच मजबूत आकर्षण बल के कारण आयनिक यौगिक ठोस एवं थोड़े कठोर होते हैं। ये यौगिक सामान्यतः भंगुर होते हैं तथा दाब डालने पर टुकड़ों में टूट जाते हैं।

(ii) *गलनांक एवं क्वथनांक*— आयनिक यौगिकों का गलनांक एवं क्वथनांक बहुत अधिक होता है, क्योंकि मजबूत अंतर-आयनिक आकर्षण को तोड़ने के लिए ऊर्जा की पर्याप्त मात्रा की आवश्यकता होती है।

(iii) *घुलनशीलता*— वैद्युत संयोजक यौगिक सामान्यतः जल में घुलनशील तथा किरोसिन, पेट्रोल आदि जैसे विलायकों में अविलेय होते हैं।

(iv) *विद्युत चालकता*— किसी विलयन से विद्युत के चालन के लिए आवेशित कणों की गतिशीलता आवश्यक होती है। आयनिक यौगिकों के जलीय विलयन में आयन उपस्थित होते हैं। जब विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो यह आयन विपरीत इलैक्ट्रोड की ओर गमन करने लगते हैं। ठोस अवस्था में आयनिक यौगिक विद्युत का चालन नहीं करते हैं, क्योंकि ठोस अवस्था में दृढ़ संरचना के कारण आयनों की गति संभव नहीं होती है, लेकिन आयनिक यौगिक गलित अवस्था में विद्युत का चालन करते हैं, क्योंकि गलित अवस्था में विपरीत आवेश वाले आयनों के मध्य स्थिर वैद्युत आकर्षण बल ऊष्मा के कारण कमज़ोर पड़ जाता है। इसलिए, आयन स्वतंत्र रूप से गमन करते हैं एवं विद्युत का चालन करते हैं।

प्रश्न

1. (i) सोडियम, ऑक्सीजन एवं मैग्नीशियम के लिए इलेक्ट्रॉन-बिंदु संरचना लिखिए।
   (ii) इलेक्ट्रॉन के स्थानांतरण के द्वारा Na2O एवं MgO का निर्माण दर्शाइए।
   (iii) इन यौगिकों में कौन से आयन उपस्थित हैं?
2. आयनिक यौगिकों का गलनांक उच्च क्यों होता है?

?

3.4 धातुओं की प्राप्ति

पृथ्वी की भूपर्पटी धातुओं का मुख्य स्रोत है। समुद्री जल में भी सोडियम क्लोराइड, मैग्नीशियम क्लोराइड आदि जैसे कुछ विलेय लवण उपस्थित रहते हैं। पृथ्वी की भूपर्पटी में प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले तत्वों या यौगिकों को खनिज कहते हैं। कुछ स्थानों पर खनिजों में कोई विशेष धातु काफ़ी मात्रा में होती है, जिसे निकालना लाभकारी होता है। इन खनिजों को अयस्क कहते हैं।

3.4.1 धातुओं का निष्कर्षण

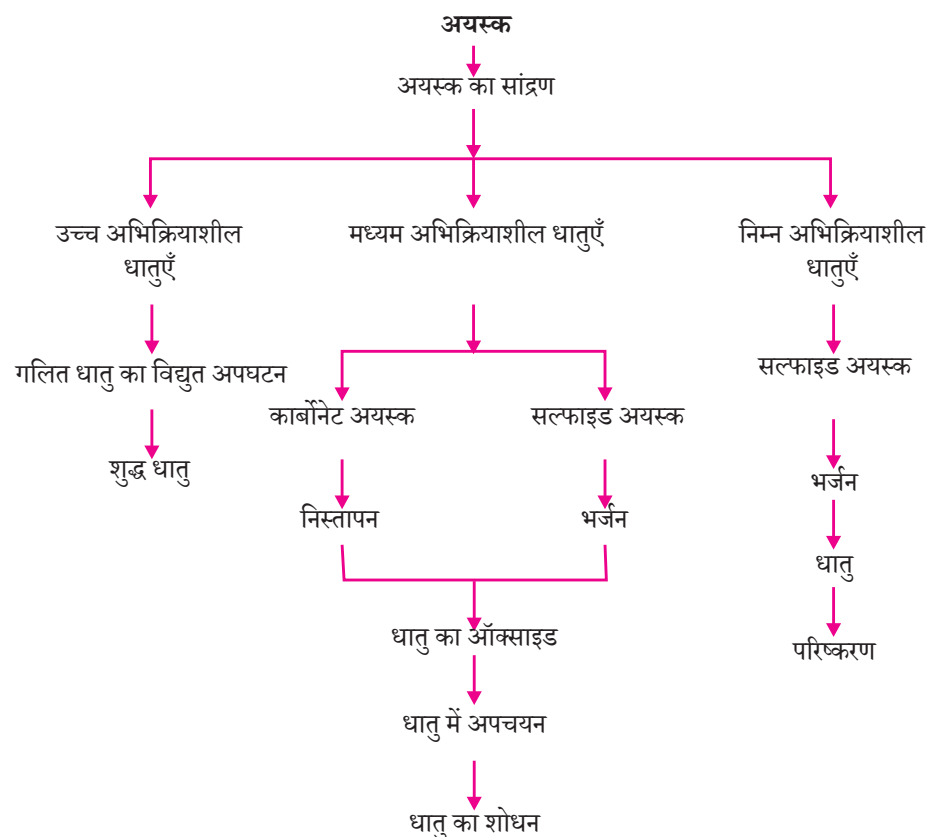
धातुओं की सक्रियता श्रेणी के बारे में आप पढ़ चुके हैं। इसलिए, आप आसानी से समझ सकते हैं कि अयस्क से धातु का निष्कर्षण कैसे होता है। कुछ धातुएँ भूपर्पटी में स्वतंत्र अवस्था में पाई जाती हैं। कुछ धातुएँ अपने यौगिकों के रूप में मिलती हैं। सक्रियता श्रेणी में नीचे आने वाली धातुएँ सबसे कम अभिक्रियाशील होती हैं। ये स्वतंत्र अवस्था में पाई जाती हैं। उदाहरण के लिए— गोल्ड (सोना), सिल्वर (चाँदी), प्लैटिनम एवं कॉपर (ताँबा) स्वतंत्र अवस्था में पाए जाते हैं। कॉपर एवं सिल्वर, अपने सल्फ़ाइड या ऑक्साइड के अयस्क के रूप में संयुक्त अवस्था में भी पाए जाते हैं। सक्रियता श्रेणी में सबसे ऊपर की धातुएँ (K, Na, Ca, Mg एवं Al) इतनी अधिक अभिक्रियाशील होती हैं कि ये कभी भी स्वतंत्र तत्व के रूप में नहीं पाई जातीं। सक्रियता श्रेणी के मध्य की धातुएँ (Zn, Fe, Pb,आदि) की अभिक्रियाशीलता मध्यम होती है। पृथ्वी की भू-पर्पटी में ये मुख्यतः ऑक्साइड, सल्फ़ाइड या कार्बोनेट के रूप में पाई जाती हैं। आप देखेंगे कि कई धातुओं के अयस्क ऑक्साइड होते हैं। ऑक्सीजन की अत्यधिक अभिक्रियाशीलता एवं पृथ्वी पर इसके प्रचुर मात्रा में पाए जाने के कारण ऐसा होता है।

इस प्रकार, अभिक्रियाशीलता के आधार पर हम धातुओं को निम्नलिखित तीन वर्गों (चित्र 3.9) में विभाजित कर सकते हैं— (i) निम्न अभिक्रियाशील धातुएँ (ii) मध्यम अभिक्रियाशील धातुएँ (iii) उच्च अभिक्रियाशील धातुएँ। प्रत्येक वर्ग में आने वाली धातुओं को प्राप्त करने के लिए विभिन्न तकनीकों का उपयोग किया जाता है।

अयस्क से शुद्ध धातु का निष्कर्षण कई चरणों में होता है। इन चरणों का सारांश चित्र 3.10 में दिया गया है। निम्नलिखित भागों में प्रत्येक चरण की विस्तृत चर्चा की गई है।

चित्र 3.9
सक्रियता श्रेणी एवं संबंधित धातुकर्म

3.4.2 अयस्कों का समृद्धीकरण

पृथ्वी से खनित अयस्कों में मिट्टी, रेत आदि जैसी कई अशुद्धियाँ होती हैं, जिन्हें गैंग (gangue) कहते हैं। धातुओं के निष्कर्षण से पहले अयस्क से अशुद्धियों को हटाना आवश्यक होता है। अयस्कों से गैंग को हटाने के लिए जिन प्रक्रियाओं का उपयोग होता है वे अयस्क एवं गैंग के भौतिक या रासायनिक गुणधर्मों पर आधारित होते हैं। इस पृथकन के लिए विभिन्न तकनीक अपनायी जाती है।

चित्र 3.10 अयस्क से धातु निष्कर्षण में प्रयुक्त चरण

3.4.3 सक्रियता श्रेणी में नीचे आने वाली धातुओं का निष्कर्षण

सक्रियता श्रेणी में नीचे आने वाली धातुएँ काफ़ी अनभिक्रिय होती हैं। इन धातुओं के ऑक्साइड को केवल गर्म करने से ही धातु प्राप्त किया जा सकता है। उदाहरण के लिए— सिनाबार (HgS), मर्करी (पारद) का एक अयस्क है। वायु में गर्म करने पर यह सबसे पहले मर्क्यूरिक ऑक्साइड (HgO) में परिवर्तित होता है और अधिक गर्म करने पर मर्क्यूरिक ऑक्साइड मर्करी (पारद) में अपचयित हो जाता है।

$$2HgS(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\text{तापन}} 2HgO(s) + 2SO_2(g)$$

$$2HgO(s) \xrightarrow{\text{तापन}} 2Hg(1) + O_2(g)$$

इसी प्रकार, प्राकृतिक रूप से Cu_2S के रूप में उपलब्ध ताँबे (कॉपर) को केवल वायु में गर्म करके इसको अयस्क से अलग किया जा सकता है।

$$2Cu_2S + 3O_2(g) \xrightarrow{\text{तापन}} 2Cu_2O(s) + 2SO_2(g)$$

$$2Cu_2O + Cu_2S \xrightarrow{\text{तापन}} 6Cu(s) + So_2(g)$$

3.4.4 सक्रियता श्रेणी के मध्य में स्थित धातुओं का निष्कर्षण

सक्रियता श्रेणी के मध्य में स्थित धातुएँ; जैसे– आयरन, जिंक, लेड, कॉपर की अभिक्रियाशीलता मध्यम होती है। प्रकृति में यह प्रायः सल्फ़ाइड या कार्बोनेट के रूप में पाई जाती हैं। सल्फ़ाइड या कार्बोनेट की तुलना में धातु को उसके ऑक्साइड से प्राप्त करना अधिक आसान है। इसलिए अपचयन से पहले धातु के सल्फ़ाइड एवं कार्बोनेट को धातु ऑक्साइड में परिवर्तित करना आवश्यक है। सल्फ़ाइड अयस्क को वायु की उपस्थिति में अधिक ताप पर गर्म करने पर यह ऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रक्रिया को भर्जन कहते हैं। कार्बोनेट अयस्क को सीमित वायु में अधिक ताप पर गर्म करने से यह ऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रक्रिया को निस्तापन कहा जाता है। जिंक के अयस्कों के भर्जन एवं निस्तापन के समय निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रिया होती है—

भर्जन

$$2ZnS(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\text{तापन}} 2ZnO(s) + 2SO_2(g)$$

निस्तापन

$$ZnCO_3(s) \xrightarrow{\text{तापन}} ZnO(s) + CO_2(g)$$

इसके बाद कार्बन जैसे उपयुक्त अपचायक का उपयोग कर धातु ऑक्साइड से धातु प्राप्त किया जाता है। उदाहरण के लिए, जब जिंक ऑक्साइड को कार्बन के साथ गर्म किया जाता है तो यह जिंक धातु में अपचयित हो जाता है।

$$ZnO(s) + C(s) \xrightarrow{\text{तापन}} Zn(s) + CO(g)$$

प्रथम अध्याय में दिए गए ऑक्सीकरण एवं अपचयन प्रक्रम से आप पहले से ही परिचित हैं। धातुओं को उनके यौगिकों से प्राप्त करना भी अपचयन प्रक्रम है।

कार्बन (कोयला) का उपयोग कर धातु के ऑक्साइड को धातु में अपचयन करने के अलावा विस्थापन अभिक्रिया का भी उपयोग किया जा सकता है। अत्यधिक अभिक्रियाशील धातुएँ; जैसे– सोडियम, कैल्सियम, एल्युमिनियम आदि को अपचायक के रूप में उपयोग किया जा सकता है, क्योंकि ये निम्नलिखित अभिक्रियाशीलता वाले धातुओं को उनके यौगिकों से विस्थापित कर सकते हैं। उदाहरण के लिए— जब मैगनीज डाइऑक्साइड को एल्युमिनियम चूर्ण के साथ गर्म किया जाता है तो निम्नलिखित अभिक्रिया होती है—

$$3MnO_2(s) + 4Al(s) \rightarrow 3Mn(l) + 2Al_2O_3(s) + \text{ऊष्मा}$$

क्या आप उन पदार्थों को पहचान सकते हैं, जिनका ऑक्सीकरण या अपचयन हो रहा है?

यह विस्थापन अभिक्रियाएँ अत्यधिक ऊष्माक्षेपी होती हैं। इसमें उत्सर्जित ऊष्मा की मात्रा इतनी अधिक होती है कि धातुएँ गलित अवस्था में प्राप्त होती हैं। वास्तव में आयरन (III) ऑक्साइड (Fe_2O_3) के साथ एल्युमिनियम की अभिक्रिया का उपयोग रेल की पटरी एवं मशीनी पुर्जों की दरारों को जोड़ने के लिए किया जाता है। इस अभिक्रिया को **थर्मिट अभिक्रिया** कहते हैं।

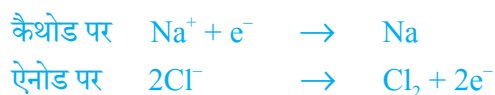
चित्र 3.11
रेल पटरियों को संधित करने (जोड़ना) के लिए थर्मिट प्रक्रम

$$Fe_2O_3(s) + 2Al(s) \rightarrow 2Fe(l) + Al_2O_3(s) + \text{ऊष्मा}$$

3.4.5 सक्रियता श्रेणी में सबसे ऊपर स्थित धातुओं का निष्कर्षण

अभिक्रियाशीलता श्रेणी में सबसे ऊपर स्थित धातुएँ अत्यंत अभिक्रियाशील होती हैं। इन्हें कार्बन के साथ गर्म कर इनके यौगिकों से प्राप्त नहीं किया जा सकता है। उदाहरण के लिए— कार्बन के द्वारा सोडियम, मैग्नीशियम, कैल्सियम, एल्युमिनियम आदि के ऑक्साइड का अपचयन कर उन्हें धातुओं में परिवर्तित नहीं किया जा सकता है। इन धातुओं की बंधुता कार्बन की अपेक्षा ऑक्सीजन के प्रति अधिक होती है। इन धातुओं को विद्युत अपघटनी अपचयन द्वारा प्राप्त किया जाता है। उदाहरण के लिए— सोडियम, मैग्नीशियम एवं कैल्सियम को उनके गलित क्लोराइडों के विद्युत अपघटन से प्राप्त किया जाता है। कैथोड (ऋण आवेशित इलैक्ट्रोड) पर धातुएँ निक्षेपित हो जाती हैं तथा ऐनोड (धन आवेशित इलैक्ट्रोड) पर क्लोरीन मुक्त होती है। अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं—

कैथोड पर $Na^{+} + e^{-} \rightarrow Na$

ऐनोड पर $2Cl^{-} \rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$

इसी प्रकार, एल्युमिनियम ऑक्साइड के विद्युत अपघटनी अपचयन से एल्युमिनियम प्राप्त किया जाता है।

3.4.6 धातुओं का परिष्करण

ऊपर वर्णित विभिन्न अपचयन प्रक्रमों से प्राप्त धातुएँ पूर्ण रूप से शुद्ध नहीं होती हैं। इनमें अपद्रव्य होते हैं, जिन्हें हटाकर ही शुद्ध धातु प्राप्त की जा सकती है। धातुओं से अपद्रव्य को हटाने के लिए सबसे अधिक प्रचलित विधि विद्युत अपघटनी परिष्करण है।

विद्युत अपघटनी परिष्करण— कॉपर, जिंक, टिन, निकैल, सिल्वर, गोल्ड आदि जैसी अनेक धातुओं का परिष्करण विद्युत अपघटन द्वारा किया जाता है। इस प्रकम में अशुद्ध धातु को ऐनोड तथा शुद्ध धातु की पतली परत को कैथोड बनाया जाता है। धातु के लवण विलयन का उपयोग विद्युत अपघट्य के रूप में होता है। चित्र 3.12 के अनुसार उपकरण व्यवस्थित किया जाता है। विद्युत अपघट्य से जब धारा प्रवाहित की जाती है तब ऐनोड पर स्थित अशुद्ध धातु विद्युत अपघट्य में घुल जाती है। इतनी ही मात्रा में शुद्ध धातु विद्युत अपघट्य से कैथोड पर निक्षेपित हो जाती है। विलेय अशुद्धियाँ विलयन में चली जाती हैं तथा अविलेय अशुद्धियाँ ऐनोड तली पर निक्षेपित हो जाती हैं जिसे **ऐनोड पंक** कहते हैं।

कुंजी
e^{-}
कैथोड
ऐनोड
अम्लीकृत कॉपर सल्फ़ेट का विलयन
Cu^{2+}
टैंक
अपद्रव्य (ऐनोड पंक)

चित्र 3.12
ताँबे का विद्युत अपघटनी परिष्करण। अम्लीकृत कॉपर सल्फेट का विलयन विद्युत अपघट्य है। अशुद्ध ताँबा ऐनोड है, जबकि शुद्ध ताँबे की पट्टी कैथोड का कार्य करती है। विद्युत धारा प्रवाहित करने पर शुद्ध ताँबा कैथोड पर निक्षेपित हो जाता है।

3.5 संक्षारण

संक्षारण के संबंध में अध्याय 1 में आप निम्नलिखित बातों का अध्ययन कर चुके हैं—

- खुली वायु में कुछ दिन छोड़ देने पर सिल्वर की वस्तुएँ काली हो जाती हैं। सिल्वर का वायु में उपस्थित सल्फ़र के साथ अभिक्रिया कर सिल्वर सल्फ़ाइड की परत बनने के कारण ऐसा होता है।

प्रश्न

1. निम्न पदों की परिभाषा दीजिए—

   (i) खनिज (ii) अयस्क (iii) गैंग

2. दो धातुओं के नाम बताइए जो प्रकृति में मुक्त अवस्था में पाई जाती हैं।
3. धातु को उसके ऑक्साइड से प्राप्त करने के लिए किस रासायनिक प्रक्रम का उपयोग किया जाता है?

- कॉपर वायु में उपस्थित आर्द्र कार्बन डाइऑक्साइड के साथ अभिक्रिया करता है, जिससे इसकी सतह से भूरे रंग की चमक धीरे-धीरे खत्म हो जाती है तथा इस पर हरे रंग की परत चढ़ जाती है। यह हरा पदार्थ बेसिक कॉपर कार्बोनेट होता है।
- लंबे समय तक आर्द्र वायु में रहने पर लोहे पर भूरे रंग के पत्रकी पदार्थ की परत चढ़ जाती है, जिसे जंग कहते हैं।

आइए, उन परिस्थितियों का पता करते हैं, जिनमें लोहे पर जंग लग जाती है।

क्रियाकलाप 3.14

- तीन परखनली लीजिए एवं प्रत्येक में स्वच्छ लोहे की कीलें डाल दीजिए।
- इन परखनलियों को A, B, तथा C नाम दीजिए। परखनली A में थोड़ा जल डालकर उसे कॉर्क से बंद कर दीजिए।
- परखनली B में उबलता हुआ आसवित जल डालकर उसमें 1 mL तेल मिलाइए एवं कॉर्क से बंद कर दीजिए। तेल जल पर तैरने लगेगा एवं वायु को जल में विलीन होने से रोक देगा।
- परखनली C में थोड़ा निर्जल कैल्सियम क्लोराइड डालकर उसे कॉर्क से बंद कर दीजिए। निर्जल कैल्सियम क्लोराइड वायु की नमी को सोख लेगा। इन परखनलियों (चित्र 3.13) को कुछ दिन छोड़ने के बाद उनका प्रेक्षण कीजिए।

A B C
वायु
वायु
शुष्क वायु
तेल की परत (वायु को जल में घुलने से रोकता है।)
जंग लगी लोहे की कील
जल
उबलता हुआ आसवित जल (विलीन वायु को निकालने के लिए उबाला जाता है।)
निर्जल कैल्सियम क्लोराइड (शुष्क कर्मक)

चित्र 3.13
लोहे पर जंग लगने की स्थिति की जाँच करना। परखनली A में वायु एवं जल दोनों उपस्थित हैं। परखनली B में जल में विलीन वायु नहीं है। परखनली C में शुष्क वायु है।

आप देखेंगे कि परखनली A में रखे लोहे की कीलों पर जंग लग गया है, लेकिन परखनली B एवं C में रखी कीलों पर जंग नहीं लगा है। परखनली A की कील, वायु एवं जल दोनों के संपर्क में रहती है। परखनली A की कील केवल जल के संपर्क में रहती है एवं परखनली C की कील शुष्क वायु के संपर्क में रहती है। इससे लोहे की वस्तुओं में जंग लगने की अवस्थाओं के बारे में हम क्या कह सकते हैं?

3.5.1 संक्षारण से सुरक्षा

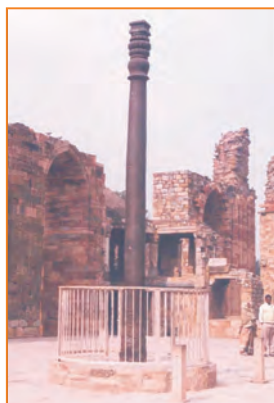
पेंट करके, तेल लगाकर, ग्रीज़ लगाकर, यशदलेपन (लोहे की वस्तुओं पर जस्ते की परत चढ़ाकर), क्रोमियम लेपन, ऐनोडीकरण या मिश्रधातु बनाकर लोहे को जंग लगने से बचाया जा सकता है।

लोहे एवं इस्पात को जंग से सुरक्षित रखने के लिए उन पर जस्ते (जिंक) की पतली परत चढ़ाने की विधि को **यशदलेपन** कहते हैं। जस्ते की परत नष्ट हो जाने के बाद भी यशदलेपित वस्तु जंग से सुरक्षित रहती है। क्या आप इसका कारण बता सकते हैं?

धातु के गुणधर्मों को बेहतर बनाने की अच्छी विधि मिश्रात्वन है। इस विधि से हम इच्छानुसार धातुओं के अत्यन्त गुणधर्म प्राप्त कर सकते हैं। उदाहरण के लिए— लोहा सर्वाधिक उपयोग मे आने वाली धातु है, लेकिन कभी भी शुद्ध अवस्था में इसका उपयोग नहीं किया जाता। ऐसा इसलिए, क्योंकि शुद्ध लोहा अत्यन्त नर्म होता है एवं गर्म करने पर सुगमतापूर्वक खिंच जाता है। लेकिन यदि इसमें थोड़ा कार्बन (लगभग 0.05 प्रतिशत) मिला दिया जाता है तो यह कठोर तथा प्रबल हो जाता है। लोहे के साथ निकैल एवं क्रोमियम मिलाने पर हमें स्टेनलेस इस्पात प्राप्त होता है, जो कठोर होता है तथा उसमें जंग नहीं लगता है। इस प्रकार यदि लोहे के साथ कोई अन्य पदार्थ मिश्रित किया जाता है तो इसके गुणधर्म बदल जाते हैं। वास्तव में, कोई अन्य पदार्थ मिला कर किसी भी धातु के गुणधर्म बदले जा सकते हैं। यह पदार्थ धातु या अधातु कुछ भी हो सकता है। दो या दो से अधिक धातुओं के समांगी मिश्रण को **मिश्रातु** कहते हैं। इसे तैयार करने के लिए पहले मूल धातु को गलित अवस्था में लाया जाता है एवं तत्पश्चात दूसरे तत्वों को एक निश्चित अनुपात में इसमें विलीन किया जाता है। फिर इसे कमरे के ताप पर शीतलीकृत किया जाता है।

क्या आप जानते हैं?

शुद्ध सोने को 24 कैरट कहते हैं तथा यह काफ़ी नर्म होता है। इसलिए, आभूषण बनाने के लिए यह उपयुक्त नहीं होता है। इसे कठोर बनाने के लिए इसमे चाँदी या ताँबा मिलाया जाता है। भारत में अधिकांशतः आभूषण बनाने के लिए 22 कैरट सोने का उपयोग होता है। इसका तात्पर्य यह है कि 22 भाग शुद्ध सोने में 2 भाग ताँबा या चाँदी का मिलाया जाना।

यदि कोई एक धातु पारद है तो इसके मिश्रातु को **अमलगम** कहते हैं। शुद्ध धातु की अपेक्षा उसके मिश्रातु की विद्युत चालकता तथा गलनांक कम होता है। उदाहरण के लिए— ताँबा एवं जस्ते (Cu एवं Zn) की मिश्रातु पीतल तथा ताम्र एवं टिन (Cu एवं Sn) की मिश्रातु काँसा विद्युत के कुचालक हैं, लेकिन ताम्र का उपयोग विद्युतीय परिपथ बनाने में किया जाता है। सीसा एवं टिन (Pb एवं Sn) की मिश्रातु सोल्डर है, जिसका गलनांक बहुत कम होता है। इसका उपयोग विद्युत तारों की परस्पर वेल्डिंग के लिए किया जाता है।

दिल्ली स्थित लौह स्तंभ

यह भी जानिए!

प्राचीन भारतीय धातुकर्म का चमत्कार

लगभग 1600 वर्ष पूर्व भारत के लौह कर्मियों ने दिल्ली में एक लौह स्तंभ बनाया। उन्होंने जंग से लोहे को बचाने के लिए एक विधि विकसित की। इस स्तंभ की जंगता से प्रतिरोधकता का अवलोकन विश्व के कई वैज्ञानिक कर चुके हैं। यह स्तंभ कुतुबमीनार के निकट स्थित है। यह लौह स्तंभ 8 m ऊँचा तथा इसका भार 6 टन (6000 kg) है।

प्रश्न

1. जिंक, मैग्नीशियम एवं कॉपर के धात्विक ऑक्साइडों को निम्नलिखित धातुओं के साथ गर्म किया गया—

धातु	जिंक	मैग्नीशियम	कॉपर
जिंक ऑक्साइड			
मैग्नीशियम ऑक्साइड			
कॉपर ऑक्साइड			

किस स्थिति में विस्थापन अभिक्रिया घटित होगी?

2. कौन सी धातु आसानी से संक्षारित नहीं होती है?
3. मिश्रातु क्या होते हैं?

आपने क्या सीखा

- तत्वों को धातुओं एवं अधातुओं में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- धातुएँ तन्य, आघातवर्ध्य, चमकीली एवं ऊष्मा तथा विद्युत की सुचालक होती हैं। पारद के अलावा सभी धातुएँ कमरे के ताप पर ठोस होती हैं। कमरे के ताप पर पारद द्रव होता है।
- धातुएँ विद्युत धनात्मक तत्व होते हैं, क्योंकि यह अधातुओं को इलेक्ट्रॉन देकर स्वयं धन आयन में परिवर्तित हो जाते हैं।
- ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होकर धातुएँ क्षारकीय ऑक्साइड बनाती हैं। एल्युमिनियम ऑक्साइड एवं जिंक ऑक्साइड, क्षारकीय ऑक्साइड तथा अम्लीय ऑक्साइड, दानों के गुणधर्म प्रदर्शित करती हैं। इन ऑक्साइड को उभयधर्मी ऑक्साइड कहते हैं।
- जल एवं तनु अम्लों के साथ विभिन्न धातुओं की अभिक्रियाशीलता भिन्न-भिन्न होती है।
- अभिक्रियाशीलता के आधार पर अवरोही क्रम में व्यवस्थित सामान्य धातुओं की सूची को सक्रियता श्रेणी कहते हैं।
- सक्रियता श्रेणी में हाइड्रोजन के ऊपर स्थित धातुएँ तनु अम्ल से हाइड्रोजन को विस्थापित कर सकती हैं।
- अधिक अभिक्रियाशील धातुएँ अपने से कम अभिक्रियाशील धातुओं को उसके लवण विलयन से विस्थापित कर सकती हैं।
- प्रकृति में धातुएँ स्वतंत्र अवस्था में या अपने यौगिकों के रूप में पाई जाती हैं।
- अयस्क से धातु का निष्कर्षण तथा उसका परिष्करण कर उपयोगी बनाने के प्रक्रम को धातुकर्म कहते हैं।
- दो या दो से अधिक धातुओं अथवा एक धातु या एक अधातु के समांगी मिश्रण को मिश्रातु कहते हैं।
- लंबे समय तक आर्द्र वायु के संपर्क में रखने से लोहा जैसे कुछ धातुओं की सतह संक्षारित हो जाती है। इस परिघटना को संक्षारण कहते हैं।
- अधातुओं के गुणधर्म धातुओं के विपरीत होते हैं। यह न तो आघातवर्ध्य तथा न ही तन्य होते हैं। ग्रेफ़ाइट के अलावा सभी अधातुएँ ऊष्मा एवं विद्युत की कुचालक होती हैं। ग्रेफ़ाइट विद्युत का चालक होता है।

- अधातुएँ विद्युत ऋणात्मक तत्व होती हैं, क्योंकि धातुओं के साथ अभिक्रिया में इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋण आवेशित आयन बनाती हैं।
- अधातुएँ ऑक्साइड बनाती हैं, जो अम्लीय या उदासीन होती हैं।
- अधातुएँ तनु अम्लों में से हाइड्रोजन का विस्थापन नहीं करती हैं। यह हाइड्रोजन के साथ अभिक्रिया कर हाइड्राइड बनाती हैं।

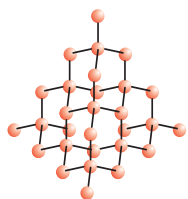
अभ्यास

1. निम्नलिखित में कौन सा युगल विस्थापन अभिक्रिया प्रदर्शित करता है—
   (a) NaCl विलयन एवं कॉपर धातु
   (b) $MgCl_2$ विलयन एवं एल्युमिनियम धातु
   (c) $FeSO_4$ विलयन एवं सिल्वर धातु
   (d) $AgNO_3$ विलयन एवं कॉपर धातु
2. लोहे के फ्राइंग पैन (frying pan) को जंग से बचाने के लिए निम्नलिखित में से कौन सी विधि उपयुक्त है—
   (a) ग्रीज़ लगाकर
   (b) पेंट लगाकर
   (c) जिंक की परत चढ़ाकर
   (d) ऊपर के सभी
3. कोई धातु ऑक्सीजन के साथ अभिक्रिया कर उच्च गलनांक वाला यौगिक निर्मित करती है। यह यौगिक जल में विलेय है। यह तत्व क्या हो सकता है?
   (a) कैल्सियम
   (b) कार्बन
   (c) सिलिकन
   (d) लोहा
4. खाद्य पदार्थ के डिब्बों पर जिंक की बजाय टिन का लेप होता है, क्योंकि—
   (a) टिन की अपेक्षा जिंक मँहगा है।
   (b) टिन की अपेक्षा जिंक का गलनांक अधिक है
   (c) टिन की अपेक्षा जिंक अधिक अभिक्रियाशील है
   (d) टिन की अपेक्षा जिंक कम अभिक्रियाशील है
5. आपको एक हथौड़ा, बैटरी, बल्ब, तार एवं स्विच दिया गया है—
   (a) इनका उपयोग कर धातुओं एवं अधातुओं के नमूनों के बीच आप विभेद कैसे कर सकते हैं?
   (b) धातुओं एवं अधातुओं में विभेदन के लिए इन परीक्षणों की उपयोगिताओं का आकलन कीजिए।

6. उभयधर्मी ऑक्साइड क्या होते हैं? दो उभयधर्मी ऑक्साइडों का उदाहरण दीजिए।
7. दो धातुओं के नाम बताइए, जो तनु अम्ल से हाइड्रोजन को विस्थापित कर देंगे तथा दो धातुएँ जो ऐसा नहीं कर सकती हैं।
8. किसी धातु M के विद्युत अपघटनी परिष्करण में आप ऐनोड, कैथोड एवं विद्युत अपघट्य किसे बनाएँगे?
9. प्रत्यूष ने सल्फ़र चूर्ण को स्पैचुला में लेकर उसे गर्म किया। चित्र के अनुसार एक परखनली को उल्टा करके उसने उत्सर्जित गैस को एकत्र किया।
   (a) गैस की क्रिया क्या होगी—
      (i) सूखे लिटमस पत्र पर?
      (ii) आर्द्र लिटमस पत्र पर?
   (b) ऊपर की अभिक्रियाओं के लिए संतुलित रासायनिक अभिक्रिया लिखिए।

गैस एकत्र करना

10. लोहे को जंग से बचाने के लिए दो तरीके बताइए।
11. ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होकर अधातुएँ कैसा ऑक्साइड बनाती हैं?
12. कारण बताइए—

   (a) प्लैटिनम, सोना एवं चाँदी का उपयोग आभूषण बनाने के लिए किया जाता है।
   (b) सोडियम, पोटैशियम एवं लीथियम को तेल के अंदर संग्रहीत किया जाता है।
   (c) एल्युमिनियम अत्यंत अभिक्रियाशील धातु है, फिर भी इसका उपयोग खाना बनाने वाले बर्तन बनाने के लिए किया जाता है।
   (d) निष्कर्षण प्रक्रम में कार्बोनेट एवं सल्फ़ाइड अयस्क को ऑक्साइड में परिवर्तित किया जाता है।
13. आपने ताँबे के मलीन बर्तन को नींबू या इमली के रस से साफ़ करते अवश्य देखा होगा। यह खट्टे पदार्थ बर्तन को साफ़ करने में क्यों प्रभावी हैं?
14. रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर धातुओं एवं अधातुओं में विभेद कीजिए।
15. एक व्यक्ति प्रत्येक घर में सुनार बनकर जाता है। उसने पुराने एवं मलीन सोने के आभूषणों में पहले जैसी चमक पैदा करने का ढोंग रचाया। कोई संदेह किए बिना ही एक महिला अपने सोने के कंगन उसे देती है, जिसे वह एक विशेष विलयन में डाल देता है। कंगन नए की तरह चमकने लगते हैं, लेकिन उनका वजन अत्यंत कम हो जाता है। वह महिला बहुत दुखी होती है तथा तर्क-वितर्क के पश्चात उस व्यक्ति को झुकना पड़ता है। एक जासूस की तरह क्या आप उस विलयन की प्रकृति के बारे में बता सकते हैं।
16. गर्म जल का टैंक बनाने में ताँबे का उपयोग होता है, परंतु इस्पात (लोहे की मिश्रातु) का नहीं। इसका कारण बताइए।

अध्याय 4
कार्बन एवं उसके यौगिक

पिछले अध्याय में हमने अनेक ऐसे यौगिकों का अध्ययन किया है, जो हमारे लिए महत्वपूर्ण हैं। इस अध्याय में हम कुछ अन्य रोचक यौगिकों एवं उनके गुणधर्मों के बारे में पढ़ेंगे। यहाँ हम एक तत्व के रूप में कार्बन का भी अध्ययन करेंगे, जिसका हमारे लिए तात्विक एवं संयुक्त दोनों रूपों में अत्यधिक महत्त्व होता है।

क्रियाकलाप 4.1

- सुबह से आपने जिन वस्तुओं का उपयोग अथवा उपभोग किया हो, उनमें से दस वस्तुओं की सूची बनाइए।
- इस सूची को अपने सहपाठियों द्वारा बनाई सूची के साथ मिलाइए तथा सभी वस्तुओं को साथ में दी गई सारणी में वर्गीकृत कीजिए।
- एक से अधिक सामग्रियों से बनी वस्तुओं को सारणी के उपयुक्त स्तम्भों में रखिए।

धातु से बनी वस्तुएँ	काँच अथवा मिट्टी से बनी वस्तुएँ	अन्य

आपके द्वारा भरी गई उपरोक्त सारणी के अंतिम स्तंभ में आने वाली वस्तुओं पर ध्यान दीजिए। आपके शिक्षक आपको बताएँगे कि इनमें से अधिकांश वस्तुएँ कार्बन के यौगिकों से बनी हैं। इसका परीक्षण करने के लिए क्या आप कोई विधि सोच सकते हैं? कार्बन से युक्त यौगिक को जलाने पर क्या उत्पाद मिलेगा? क्या आप इसकी पुष्टि करने वाले किसी परीक्षण को जानते हैं?

आपके द्वारा सूचीबद्ध की गई भोजन, कपड़े, दवाओं, पुस्तकों आदि अनेक वस्तुएँ इस सर्वतोमुखी तत्व कार्बन पर आधारित होती हैं। इनके अतिरिक्त, सभी सजीव संरचनाएँ कार्बन पर आधारित होती हैं। भूपर्पटी तथा वायुमंडल में अत्यंत अल्प मात्रा में कार्बन उपस्थित है। भूपर्पटी में खनिजों (जैसे– कार्बोनेट, हाइड्रोजनकार्बोनेट, कोयला एवं पेट्रोलियम) के रूप में केवल 0.02% कार्बन उपस्थित है तथा वायुमंडल में 0.03% कार्बन डाइऑक्साइड उपस्थित है। प्रकृति में इतनी अल्प मात्रा में कार्बन उपस्थित होने के बावजूद कार्बन का अत्यधिक महत्त्व है। इस अध्याय में हम कार्बन के इन गुणों का अध्ययन करेंगे, जिनके कारण कार्बन इतना महत्वपूर्ण है।

4.1 कार्बन में आबंधन– सहसंयोजी आबंध

पिछले अध्याय में हमने आयनिक यौगिकों के गुणधर्मों का अध्ययन किया। हमने देखा कि आयनिक यौगिकों के गलनांक एवं क्वथनांक उच्च होते हैं तथा ये विलयन में अथवा गलित अवस्था में

विद्युत चालन करते हैं। हमने देखा कि आयनिक यौगिकों में आबंधन की प्रकृति इन गुणधर्मों की व्याख्या करती है।

जैसा कि हमने अध्याय 2 में देखा, अधिकांश कार्बन यौगिक अच्छे विद्युत चालक नहीं होते हैं। उपरोक्त यौगिकों के क्वथनांक एवं गलनांकों जो कि आयनिक यौगिकों के क्वथनांक तथा गलनांक की तुलना में काफ़ी कम है। अध्याय 3 के आँकड़ों (सारणी 4.1) के आधार पर हम इस निष्कर्ष पर पहुँच सकते हैं कि इन परमाणुओं के बीच प्रबल आकर्षण बल नहीं है। चूँकि, ये यौगिक अधिकांशतः विद्युत के कुचालक होते हैं, अतः हम इस निष्कर्ष पर पहुँच सकते हैं कि इन यौगिकों के आबंधन से किसी आयन की उत्पत्ति नहीं होती है।

सारणी 4.1 कार्बन के कुछ यौगिकों कि गलनांक एवं क्वथनांक

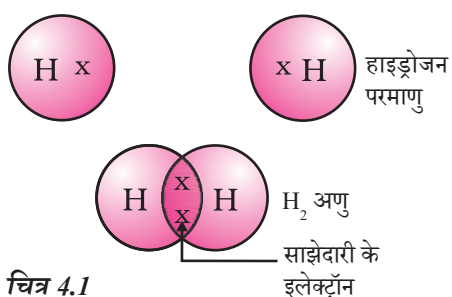
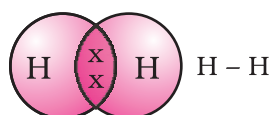
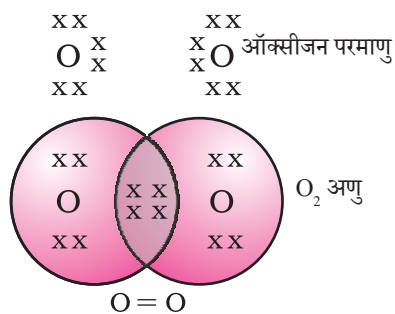
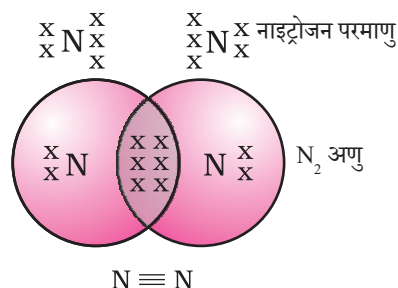
यौगिक	गलनांक (K)	क्वथनांक (K)
एसीटिक एसिड (CH_3 COOH)	290	391
क्लोरोफॉर्म ($CHCl_3$)	209	334
एथेनॉल (CH_3 CH_2OH)	156	351
मेथेन (CH_4)	90	111

कक्षा 9 में हमने विभिन्न तत्वों की संयोजन क्षमता, संयोजकता तथा इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर इनकी निर्भरता के बारे में अध्ययन किया। अब हम कार्बन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के बारे में अध्ययन करेंगे। कार्बन की परमाणु संख्या 6 है। कार्बन के विभिन्न कक्षों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण कैसे होगा? कार्बन में कितने संयोजकता इलेक्ट्रॉन होंगे?

हम जानते हैं कि बाहरी कोश को पूरी तरह से भर देने अर्थात उत्कृष्ट गैस विन्यास को प्राप्त करने की प्रवृत्ति के आधार पर तत्वों की अभिक्रियाशीलता समझाई जाती है। आयनिक यौगिक बनाने वाले तत्व सबसे बाहरी कोश से इलेक्ट्रॉन प्राप्त करके या उनका ह्रास करके इसे प्राप्त करते हैं। कार्बन के सबसे बाहरी कोश में चार इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा उत्कृष्ट गैस विन्यास को प्राप्त करने के लिए इसको चार इलेक्ट्रॉन प्राप्त करने या खोने की आवश्यकता होती है। यदि इन्हें इलेक्ट्रॉनों को प्राप्त करना या खोना हो तो—

(i) ये चार इलेक्ट्रॉन प्राप्त कर C^{4-} ऋणायन बना सकता है, लेकिन छः प्रोटॉन वाले नाभिक के लिए दस इलेक्ट्रॉन अर्थात चार अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन धारण करना मुश्किल हो सकता है।

(ii) ये चार इलेक्ट्रॉन खो कर C^{4+} धनायन बना सकता है, लेकिन चार इलेक्ट्रॉनों को खो कर छः प्रोटॉन वाले नाभिक में केवल दो इलेक्ट्रॉनों का कार्बन धनायन बनाने के लिए अत्यधिक ऊर्जा की आवश्यकता होगी।

कार्बन अपने अन्य परमाणुओं अथवा अन्य तत्वों के परमाणुओं के साथ संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी करके इस समस्या को सुलझा लेता है। केवल कार्बन ही नहीं बल्कि अनेक अन्य तत्व भी इसी प्रकार इलेक्ट्रॉन की साझेदारी करके अणुओं का निर्माण करते हैं। जिन इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी की जाती है, वे दोनों परमाणुओं के बाहरी कोश के ही होते हैं, तथा इनके फलस्वरूप दोनों ही परमाणु उत्कृष्ट गैस विन्यास की स्थिति को प्राप्त करते हैं। कार्बन के यौगिकों की चर्चा करने से पहले इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी से बने कुछ सामान्य अणुओं को समझते हैं।

चित्र 4.1
हाइड्रोजन का एक अणु

चित्र 4.2
हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के बीच एकल बंध

चित्र 4.3
ऑक्सीजन के दो परमाणुओं के बीच दोहरा बंध

चित्र 4.4
नाइट्रोजन के दो परमाणुओं के बीच त्रिआबंध

इस तरह से बने अणुओं में सबसे सामान्य अणु हाइड्रोजन का है। जैसा कि आपने पहले अध्ययन किया है, हाइड्रोजन की परमाणु संख्या 1 है। अतः इसके K कोश में एक इलेक्ट्रॉन है तथा K कोश को भरने के लिए इसको एक और इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। इसलिए हाइड्रोजन के दो परमाणु अपने इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी करके हाइड्रोजन का अणु, H_2 बनाते हैं। परिणामस्वरूप हाइड्रोजन का प्रत्येक अणु अपने निकटतम उत्कृष्ट गैस, हीलियम के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को प्राप्त करता है, जिसके K कोश में दो इलेक्ट्रॉन होते हैं। संयोजकता इलेक्ट्रॉन दर्शाने के लिए हम बिंदुओं अथवा क्रॉस (चित्र 4.1) का उपयोग कर सकते हैं।

इलेक्ट्रॉन के सहभागी युग्म हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के बीच सहसंयोजी एक आबंध बनाते हैं। इस आबंध को दो परमाणुओं के बीच एक रेखा के द्वारा भी व्यक्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 4.2 में दिखाया गया है।

क्लोरीन की परमाणु संख्या 17 है। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास तथा संयोजकता क्या होगी? क्लोरीन द्विपरमाणुक अणु, Cl_2 बनाती है। क्या आप इस अणु की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना बना सकते हैं? याद रखिए कि केवल संयोजकता कोश इलेक्ट्रॉन को ही चित्रित करने की आवश्यकता होती है।

ऑक्सीजन के दो परमाणुओं के बीच द्विआबंध का बनना दिखाई देता है। ऐसा इसलिए होता है, क्योंकि ऑक्सीजन के परमाणु के L कोश में छः इलेक्ट्रॉन होते हैं (ऑक्सीजन की परमाणु संख्या आठ है।) तथा इसे अष्टक पूरा करने के लिए दो और इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता होती है। अतः ऑक्सीजन का प्रत्येक परमाणु ऑक्सीजन के अन्य परमाणु के साथ दो इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी करता है, जिससे हमें चित्र 4.3 के अनुसार संरचना प्राप्त होती है। ऑक्सीजन के प्रत्येक परमाणु के द्वारा प्रदान किए गए दो इलेक्ट्रॉनों से इलेक्ट्रॉनों के दो सहभागी युग्म प्राप्त होते हैं। इसे दो परमाणुओं के बीच द्विआबंध बनना कहते हैं।

क्या अब आप जल के अणु को चित्रित कर सकते हैं, जिसमें ऑक्सीजन के एक परमाणु एवं हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के बीच आबंधन की प्रकृति को दर्शाया गया हो? इस अणु में एक आबंध है, अथवा द्विआबंध?

नाइट्रोजन के द्विपरमाणुक अणु में कैसा आबंध होगा? नाइट्रोजन की परमाणु संख्या 7 है। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास एवं संयोजन क्षमता क्या होगी? अष्टक प्राप्त करने के लिए नाइट्रोजन के एक अणु में नाइट्रोजन का प्रत्येक परमाणु तीन इलेक्ट्रॉन देता है, जिससे इलेक्ट्रॉन के तीन **सहभागी** युग्म प्राप्त होते हैं। इसे दो परमाणुओं के बीच त्रिआबंध का बनना कहा जाता है। N_2 की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना तथा इसके त्रिआबंध को चित्र 4.4 के अनुसार दर्शाया जा सकता है।

अमोनिया के अणु का सूत्र NH_3 है। क्या आप इस अणु की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना को चित्रित कर सकते हैं, जिसमें यह दर्शाया गया हो कि कैसे सभी चार परमाणुओं को उत्कृष्ट गैस विन्यास की स्थिति प्राप्त हुई? इन अणुओं में एक, द्वि अथवा त्रि कौन सा आबंध होगा?

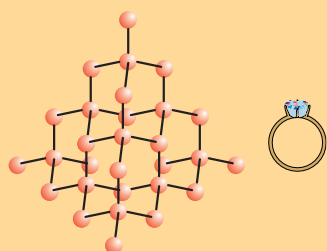
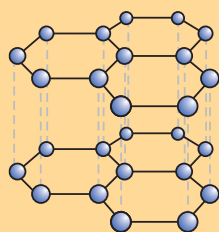
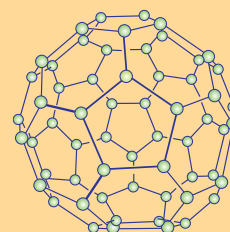
अब हम मेथेन को देखते हैं, जो कार्बन का यौगिक है। ईंधन के रूप में मेथेन का अधिकाधिक उपयोग होता है तथा यह बायोगैस एवं संपीडित प्राकृतिक गैस (CNG) का प्रमुख घटक है। यह कार्बन के सर्वाधिक सरल यौगिकों में से एक है। मेथेन का सूत्र CH_4 है। जैसा कि आप जानते हैं, हाइड्रोजन की संयोजकता 1 है। कार्बन चतु:संयोजक है, क्योंकि इसमें चार संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं। उत्कृष्ट गैस विन्यास की स्थिति को प्राप्त करने के लिए कार्बन इन इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी हाइड्रोजन के चार परमाणुओं के साथ करता है, जैसा कि चित्र 4.5 में दिखाया गया है।

चित्र 4.5
मेथेन की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना

इस प्रकार दो परमाणुओं के बीच इलेक्ट्रॉन के एक युग्म की साझेदारी के द्वारा बनने वाले आबंध सहसंयोजी आबंध कहलाते हैं। **सहसंयोजी आबंध** वाले अणुओं में भीतर तो प्रबल आबंध होता है, लेकिन इनका अंतराअणुक बल दुर्बल होता है। फलस्वरूप इन यौगिकों के क्वथनांक एवं गलनांक कम होते हैं। चूँकि, परमाणुओं के बीच इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी होती है और आवेशित कण बनते हैं; सामान्यत: ऐसे सहसंयोजी यौगिक विद्युत के कुचालक होते हैं।

क्या आप जानते हैं?

कार्बन के अपररूप

प्रकृति में कार्बन तत्व अनेक विभिन्न भौतिक गुणों के साथ विविध रूपों में पाया जाता है। हीरा एवं ग्रेफ़ाइट दोनों ही कार्बन के परमाणुओं से बने हैं, कार्बन के परमाणुओं के परस्पर आबंधन के तरीकों के आधार पर ही इनमें अंतर होता है। हीरे में कार्बन का प्रत्येक परमाणु कार्बन के चार अन्य परमाणुओं के साथ आबंधित होता है, जिससे एक दृढ़ त्रिआयामी संरचना बनती है। ग्रेफ़ाइट में कार्बन के प्रत्येक परमाणु का आबंधन कार्बन के तीन अन्य परमाणुओं के साथ एक ही तल पर होता है, जिससे षट्कोणीय व्यूह मिलता है। इनमें से एक आबंध द्विआबंधी होता है, जिसके कारण कार्बन की संयोजकता पूर्ण होती है। ग्रेफ़ाइट की संरचना में षट्कोणीय तल एक-दूसरे के ऊपर व्यवस्थित होते हैं।

हीरे की संरचना

ग्रेफ़ाइट की संरचना

C-60 बकमिंसटरफुलेरीन की संरचना

इन दो विभिन्न संरचनाओं के कारण हीरे एवं ग्रेफ़ाइट के भौतिक गुणधर्म अत्यंत भिन्न होते हैं, जबकि उनके रासायनिक गुणधर्म एकसमान होते हैं। हीरा अब तक का ज्ञात सर्वाधिक कठोर पदार्थ है, जबकि ग्रेफ़ाइट चिकना तथा फिसलनशील होता है। पिछले अध्याय में आपने जिन अधातुओं के बारे में अध्ययन किया, उनके विपरीत ग्रेफ़ाइट विद्युत का सुचालक होता है।

शुद्ध कार्बन को अत्यधिक उच्च दाब एवं ताप पर उपचारित (subjecting) करके हीरे को संश्लेषित किया जा सकता है। ये संश्लिष्ट हीरे आकार में छोटे होते हैं, लेकिन अन्यथा ये प्राकृतिक हीरों से अभेदनीय होते हैं।

फुलेरीन कार्बन अपररूप का अन्य वर्ग है। सबसे पहले C-60 की पहचान की गई, जिसमें कार्बन के परमाणु फुटबॉल के रूप में व्यवस्थित होते हैं। चूँकि, यह अमेरिकी आर्किटेक्ट बकमिंसटर फ़ुलर (Buckminster Fuller) द्वारा डिज़ाइन किए गए जियोडेसिक गुंबद के समान लगते हैं, इसीलिए, इस अणु को फुलेरीन नाम दिया गया।

प्रश्न

1. CO_2 सूत्र वाले कार्बन डाइऑक्साइड की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना क्या होगी?
2. सल्फ़र के आठ परमाणुओं से बने सल्फ़र के अणु की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना क्या होगी? (संकेत— सल्फ़र के आठ परमाणु एक अँगूठी के रूप में आपस में जुड़े होते हैं।)

4.2 कार्बन की सर्वतोमुखी प्रकृति

विभिन्न तत्वों एवं यौगिकों में हमने इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी द्वारा सहसंयोजी आबंध का निर्माण देखा। हमने सरल कार्बन यौगिक, मेथेन की संरचना भी देखी। अध्याय के आरंभ में हमने देखा कि कितनी वस्तुओं में कार्बन पाया जाता है। वस्तुतः हम स्वयं भी कार्बन के यौगिकों से बने हुए हैं। हाल ही में रसायनशास्त्रियों द्वारा सूत्र सहित ज्ञात कार्बन यौगिकों की गणना की गई है, जो लगभग कई मिलियन आँकी गई है। अन्य सभी तत्वों के यौगिकों को एक साथ रखने पर भी इनकी संख्या उन सबसे कहीं अधिक है। ऐसा क्यों है कि यह गुणधर्म केवल कार्बन में ही मिलता है किसी और तत्व में नहीं? सहसंयोजी बंध की प्रकृति के कारण कार्बन में बड़ी संख्या में यौगिक बनाने की क्षमता होती है। कार्बन में दो कारक देखे गए हैं—

(i) कार्बन में कार्बन के ही अन्य परमाणुओं के साथ आबंध बनाने की अद्वितीय क्षमता होती है, जिससे बड़ी संख्या मे अणु बनते हैं। इस गुण को **शृंखलन** (catenation) कहते हैं। इन यौगिकों में कार्बन की लंबी शृंखला, कार्बन की विभिन्न शाखाओं वाली शृंखला अथवा वलय में व्यवस्थित कार्बन भी पाए जाते हैं। साथ ही कार्बन के परमाणु एक, द्वि अथवा त्रि आबंध से जुड़े हो सकते हैं। कार्बन परमाणुओं के बीच केवल एक आबंध से जुड़े कार्बन के यौगिक **संतृप्त यौगिक** कहलाते हैं। द्वि अथवा त्रि-आबंध वाले कार्बन के यौगिक **असंतृप्त यौगिक** कहलाते हैं। कार्बन यौगिकों में जिस सीमा तक शृंखलन का गुण पाया जाता है वह किसी और तत्व में नहीं मिलता है। सिलिकॉन हाइड्रोजन के साथ यौगिक बनाते हैं, जिनमें सात या आठ परमाणुओं तक की शृंखला हो सकती है, लेकिन यह यौगिक अति अभिक्रियाशील होते हैं। कार्बन-कार्बन आबंध अत्यधिक प्रबल होता है, अतः यह स्थायी

होता है। फलस्वरूप अनेक कार्बन परमाणुओं के साथ आपस में जुड़े हुए अनेक यौगिक प्राप्त होते हैं।

(ii) चूँकि, कार्बन की संयोजकता चार होती है, अतः इसमें कार्बन के चार अन्य परमाणुओं अथवा कुछ अन्य एक संयोजक तत्वों के परमाणुओं के साथ आबंधन की क्षमता होती है। ऑक्सीजन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, सल्फ़र, क्लोरीन तथा अनेक अन्य तत्वों के साथ कार्बन के यौगिक बनते हैं, फलस्वरूप ऐसे विशेष गुण वाले यौगिक बनते हैं, जो अणु में कार्बन के अतिरिक्त उपस्थित तत्व पर निर्भर करते हैं।

अधिकतर अन्य तत्वों के साथ कार्बन द्वारा बनाए गए आबंध अत्यंत प्रबल होते हैं, जिनके फलस्वरूप ये यौगिक अतिशय रूप में स्थायी होते हैं। कार्बन द्वारा प्रबल आबंधों के निर्माण का एक कारण, इसका छोटा आकार भी है। इसके कारण इलेक्ट्रॉन के सहभागी युग्मों को नाभिक मज़बूती से पकड़े रहता है। बड़े परमाणुओं वाले तत्वों से बने आबंध तुलना में अत्यंत दुर्बल होते हैं।

क्या आप जानते हैं?

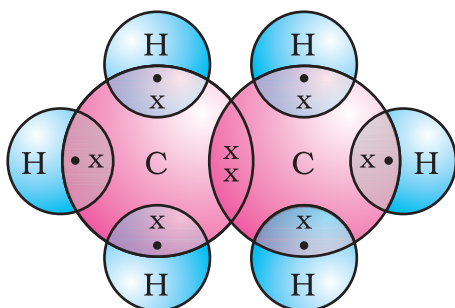
कार्बनिक यौगिक

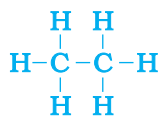
कार्बन में पाए जाने वाले दो विशिष्ट लक्षणों, चतुःसंयोजकता और शृंखलन से बड़ी संख्या में यौगिकों का निर्माण होता है। अनेक यौगिकों के अकार्बनिक परमाणु अथवा परमाणु के समूह विभिन्न कार्बन शृंखलाओं से जुड़े होते हैं। मूल रूप से इन यौगिकों को प्राकृतिक पदार्थों से प्राप्त किया गया था तथा यह समझा गया था कि ये कार्बन यौगिक अथवा कार्बनिक यौगिक केवल सजीवों में ही निर्मित हो सकते हैं। अर्थात, यह माना गया कि उनके संश्लेषण के लिए एक 'जीवन शक्ति' आवश्यक थी। 1828 में फ्रेडरिक वोहलर (Friedrich Wöhler) ने अमोनियम सायनेट से यूरिया बनाकर इसे असत्य प्रमाणित किया, लेकिन कार्बाईड, कार्बोनेट तथा बाइकार्बोनेट लवणों के अतिरिक्त सभी कार्बन यौगिकों का अध्ययन अभी भी कार्बनिक रसायन के अंतर्गत होता है।

4.2.1 संतृप्त एवं असंतृप्त कार्बन यौगिक

मेथेन की संरचना हम पहले ही समझ चुके हैं। कार्बन एवं हाइड्रोजन से बनने वाला अन्य यौगिक एथेन है, जिसका सूत्र C_2H_6 है। सरल कार्बन यौगिकों की संरचना प्राप्त करने के लिए सबसे पहले कार्बन के परमाणुओं को एक आबंध के द्वारा आपस में जोड़ा जाता है तथा फिर कार्बन की शेष संयोजकता को संतुष्ट करने के लिए हाइड्रोजन के परमाणुओं का उपयोग करते हैं। उदाहरण के लिए— निम्नलिखित चरणों में एथेन की संरचना को प्राप्त किया जाता है—

C—C   चरण 1

चित्र 4.6 (a) *एक आबंध के द्वारा जुड़े कार्बन परमाणु*

चित्र 4.6 (c)
एथेन की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना

प्रत्येक कार्बन परमाणु की तीन संयोजकता असंतुष्ट रहती है, अतः प्रत्येक का आबंध तीन हाइड्रोजन परमाणुओं के साथ किया जाता है, जिससे निम्नलिखित प्राप्त होता है—

$$\begin{array}{c} H \quad H \\ | \quad\; | \\ H-C-C-H \\ | \quad\; | \\ H \quad H \end{array}$$ चरण 2

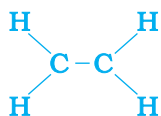
चित्र 4.6 (b) *तीन हाइड्रोजन परमाणुओं से जुड़े प्रत्येक कार्बन परमाणु*

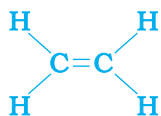
एथेन की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना को चित्र 4.6 (c) में दर्शाया गया है।

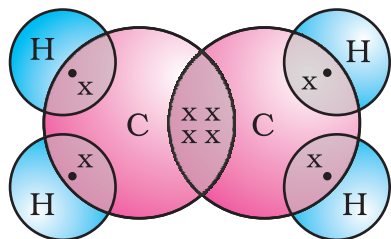
क्या आप इसी प्रकार प्रोपेन की संरचना चित्रित कर सकते हैं, जिसका आणविक सूत्र C_3H_8 होता है? आप देखेंगे कि सभी परमाणुओं की संयोजकता उनके बीच बने एक आबंध से संतुष्ट होती है। ऐसे यौगिकों को संतृप्त यौगिक कहते हैं। सामान्यतः ये यौगिक अधिक अभिक्रियाशील नहीं होते।

किंतु कार्बन एवं हाइड्रोजन के एक अन्य यौगिक का सूत्र C_2H_4 है, जिसे एथीन कहते हैं। इस अणु को कैसे चित्रित कर सकते हैं? हम पहले जैसी चरणबद्ध विधि अपनाएँगे।

C—C चरण 1

एक आबंध के द्वारा जुड़े कार्बन परमाणु (चरण 1)

$$\begin{array}{c} H \qquad\quad H \\ \diagdown \quad \diagup \\ C-C \\ \diagup \quad \diagdown \\ H \qquad\quad H \end{array}$$ चरण 2

हम देखते हैं कि प्रति कार्बन परमाणु की एक संयोजकता (चरण 2) असंतुष्ट रहती है। इसको तभी संतुष्ट किया जा सकता है, जब दो कार्बनों के बीच द्विआबंध (चरण 3) हो, जिससे हमें निम्नलिखित प्राप्त हो—

$$\begin{array}{c} H \qquad\quad H \\ \diagdown \quad \diagup \\ C=C \\ \diagup \quad \diagdown \\ H \qquad\quad H \end{array}$$ चरण 3

चित्र 4.7 *में एथीन की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना दी गई है।*

चित्र 4.7
एथीन की संरचना

हाइड्रोजन एवं कार्बन के एक अन्य यौगिक का सूत्र C_2H_{-2} है, जिसे एथाइन कहते हैं। क्या आप एथाइन की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना का चित्रण कर सकते हैं? इनकी संयोजकता को संतुष्ट करने के लिए दो कार्बन परमाणुओं के बीच कितने आबंध आवश्यक हैं? कार्बन परमाणुओं के बीच इस प्रकार द्वि या त्रि-आबंध वाले कार्बन यौगिकों को कार्बन यौगिक कहते हैं तथा ये संतृप्त कार्बन यौगिकों की तुलना में अधिक अभिक्रियाशील होते हैं।

4.2.2 शृंखलाएँ, शाखाएँ एवं वलय

पिछले खंड में हमने क्रमशः 1, 2 तथा 3 कार्बन परमाणुओं वाले कार्बन यौगिकों मेथेन, एथेन तथा प्रोपेन की चर्चा की। कार्बन परमाणुओं की इस प्रकार की शृंखलाओं में दसों कार्बन परमाणु हो सकते हैं। इनमें से छः के नाम तथा संरचना सारणी 4.2 में दिए गए हैं।

सारणी 4.2 कार्बन तथा हाइड्रोजन के संतृप्त यौगिकों के सूत्र तथा संरचनाएँ

कार्बन परमाणु की संख्या	नाम	सूत्र	संरचना
1	मेथेन	CH_4	H | H–C–H | H
2	एथेन	C_2H_6	H H | | H–C–C–H | | H H
3	प्रोपेन	C_3H_8	H H H | | | H–C–C–C–H | | | H H H
4	ब्यूटेन	C_4H_{10}	H H H H | | | | H–C–C–C–C–H | | | | H H H H
5	पेन्टेन	C_5H_{12}	H H H H H | | | | | H–C–C–C–C–C–H | | | | | H H H H H
6	हेक्सेन	C_6H_{14}	H H H H H H | | | | | | H–C–C–C–C–C–C–H | | | | | | H H H H H H

किंतु आइए, हम ब्यूटेन पर पुनर्विचार करें। यदि हम चार कार्बन परमाणुओं से कार्बन 'कंकाल' बनाएँ तो हमें पता चलता है कि दो विभिन्न 'कंकाल' बन सकते हैं—

चित्र 4.8 (a) दो संभावित कार्बन कंकाल

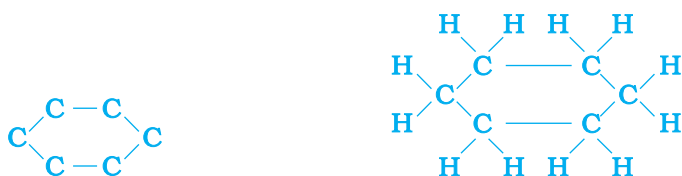
शेष संयोजकता के स्थान पर हाइड्रोजन भरने से हमें निम्नलिखित प्राप्त होता है—

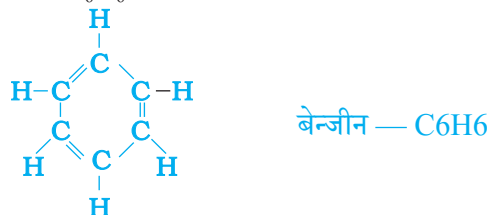
```
    H   H   H   H                      H
    |   |   |   |               H      |  H
H - C - C - C - C - H           |      C<
    |   |   |   |           H - C - C<    H
    H   H   H   H               |   |  C<H
                                H   H  |  H
                                       H
```

चित्र 4.8 (b) C_4H_{10} सूत्र से दो संरचनाओं के लिए संपूर्ण अणु

हम देखते हैं कि इन दोनों संरचनाओं में एक ही सूत्र C_4H_{10} है। समान आणविक सूत्र, लेकिन विभिन्न संरचाओं वाले ऐसे यौगिक संरचनात्मक समावयन कहलाते हैं।

सीधी तथा शाखाओं वाली कार्बन शृंखलाओं के अतिरिक्त कुछ यौगिकों में कार्बन के परमाणु वलय के आकार में व्यवस्थित होते हैं, जैसे— साइक्लोहेक्सेन का सूत्र C_6H_{12} है तथा उसकी संरचना निम्नलिखित है—

```
                           H   H H   H
                            \ /   \ /
                        H    C --- C    H
    C - C                \  /       \  /
  C       C               C           C
    C - C                /  \       /  \
                        H    C --- C    H
                            / \   / \
                           H   H H   H
```

चित्र 4.9 साइक्लोहेक्सेन की संरचना (a) कार्बन कंकाल (b) संपूर्ण अणु

क्या आप साइक्लोहेक्सेन की इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना को चित्रित कर सकते हैं? सीधी शृंखला, शाखित शृंखला तथा चक्रीय कार्बन यौगिक सभी संतृप्त अथवा असंतृप्त यौगिक हो सकते हैं, जैसे– बेन्जीन (C_6H_6) की संरचना निम्नलिखित है—

चित्र 4.10 बेन्जीन की संरचना

केवल कार्बन एवं हाइड्रोजन वाले ये सभी कार्बन यौगिक हाइड्रोकार्बन कहलाते हैं। इनमें से संतृप्त हाइड्रोकार्बन 'ऐल्केन' कहलाते हैं। ऐसे असंतृप्त हाइड्रोकार्बन, जिनमें एक या अधिक दोहरे आबंध होते हैं 'ऐल्कीन' कहलाते हैं। एक या अधिक त्रि-आबंध वाले 'ऐल्काइन' कहलाते हैं।

4.2.3 मुझसे दोस्ती करेंगे?

कार्बन अत्यंत मैत्रीपूर्ण तत्व है। अभी तक हमने कार्बन तथा हाइड्रोजन के यौगिकों की चर्चा की, लेकिन कार्बन अन्य तत्वों; जैसे– हैलोजेन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन तथा सल्फ़र के साथ भी आबंध बनाता है। हाइड्रोकार्बन श्रंखला में यह तत्व एक या अधिक हाइड्रोजन को इस प्रकार प्रतिस्थापित करते हैं कि कार्बन की संयोजकता संतुष्ट रहती है। ऐसे यौगिकों में हाइड्रोजन को प्रतिस्थापित करने वाले तत्वों को विषम परमाणु कहते हैं। यह विषम परमाणु कुछ प्रकार्यात्मक समूहों में भी उपस्थित होते हैं, जैसा कि सारणी 4.3 में दिया गया है। यह **विषम परमाणु** और वे

प्रकार्यात्मक समूह जिनमें यह उपस्थित होते हैं, यौगिकों को विशिष्ट गुण प्रदान करते हैं। यह गुण कार्बन शृंखला की लँबाई और प्रकृति पर निर्भर नहीं होते, फलस्वरूप यह **प्रकार्यात्मक समूह** (Functional group) कहलाते हैं। सारणी 4.3 में कुछ महत्वपूर्ण प्रकार्यात्मक समूह दिए गए हैं। एकल रेखा के द्वारा समूह की मुक्त संयोजकता अथवा संयोजकताएँ दर्शाई गई हैं। हाइड्रोजन के एक या अधिक अणुओं को प्रतिस्थापित करके इस संयोजकता के द्वारा प्रकार्यात्मक समूह कार्बन शृंखला से जुड़े रहते हैं।

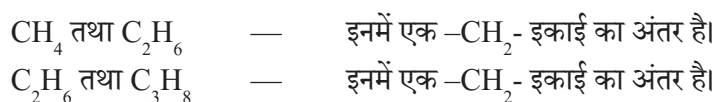
सारणी 4.3 कार्बन यौगिकों में कुछ प्रकार्यात्मक समूह

विषय परमाणु	*योगिकों का प्रकार*	*प्रकार्यात्मक समूह का फार्मूला*
Cl/Br	हैलो - (क्लोरो / ब्रोमो) ऐल्केन	—Cl, —Br (हाइड्रोजन परमाणु के प्रतिस्थापी)
ऑक्सीजन	1. एल्कोहल	—OH
	2. ऐल्डिहाइड	$-C(=O)H$
	3. कीटोन	$-C(=O)-$
	4. कार्बोक्सिलिक अम्ल	$-C(=O)-OH$

4.2.4 समजातीय श्रेणी

आपने देखा कि कार्बन परमाणुओं को आपस में जोड़कर विभिन्न लंबाई की श्रंखलाएँ बनाई जा सकती हैं। ये शृंखलाएँ शाखित भी हो सकती हैं। साथ ही, इन कार्बन श्रंखलाओं में स्थित हाइड्रोजन तथा अन्य परमाणुओं को उपरोक्त किसी भी प्रकार्यात्मक समूहों से प्रतिस्थापित किया जा सकता है। एल्कोहल जैसे प्रकार्यात्मक समूह की उपस्थिति कार्बन यौगिक के गुणधर्मों को तय करती है, चाहे कार्बन शृंखला की लंबाई कुछ भी हो, जैसे— CH_3OH, C_2H_5OH, C_3H_7OH तथा C_4H_9OH के रासायनिक गुणधर्मों में अत्यधिक समानता है। अतः यौगिकों की ऐसी शृंखला जिसमें कार्बन शृंखला में स्थित हाइड्रोजन को एक ही प्रकार का प्रकार्यात्मक समूह प्रतिस्थापित करता है, उसे *समजातीय श्रेणी* कहते हैं।

अब हम सारणी 4.2 में वर्णित समजातीय श्रेणी को देखेंगे। यदि हम उत्तरोत्तर यौगिकों के सूत्रों को देखें, जैसे–

CH_4 तथा C_2H_6 — इनमें एक $-CH_2-$ इकाई का अंतर है।
C_2H_6 तथा C_3H_8 — इनमें एक $-CH_2-$ इकाई का अंतर है।

अगले युग्म–प्रोपेन (C_3H_8) एवं ब्यूटेन (C_4H_{10}) में क्या अंतर है?

क्या आप इन युग्मों के आणविक द्रव्यमानों में अंतर ज्ञात कर सकते हैं। (कार्बन का परमाणविक द्रव्यमान 12u है तथा हाइड्रोजन का परमाणविक द्रव्यमान 1u है?)

इसी प्रकार, ऐल्कीनों की समजातीय श्रेणी को देखिए। श्रेणी का पहला सदस्य एथीन है, जिसके बारे में हम पहले ही अनुभाग 4.2.1 में अध्ययन कर चुके हैं। एथेन का सूत्र क्या है? उत्तरोत्तर सदस्यों के सूत्र C_3H_6, C_4H_8 तथा C_5H_{10} हैं। क्या इनमें भी $-CH_2-$ इकाई का अंतर है?

क्या आपको इन यौगिकों में कार्बन एवं हाइड्रोजन के परमाणुओं की संख्या के बीच कोई संबंध प्रतीत होता है? ऐल्कीनों का सामान्य सूत्र C_nH_{2n} के रूप में लिखा जा सकता है, जहाँ n = 2,3,4 है। क्या आप इसी प्रकार ऐल्केनों तथा ऐल्काइनों का सामान्य सूत्र बना सकते हैं?

जब किसी समजातीय श्रेणी में आणविक द्रव्यमान बढ़ता है तो भौतिक गुणधर्मों में क्रमबद्धता दिखाई देती है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि आणविक द्रव्यमान के बढ़ने के साथ गलनांक एवं क्वथनांक में वृद्धि होती है। किसी विशेष विलायक में विलेयता जैसे भौतिक गुणधर्म भी इसी प्रकार की क्रमबद्धता दर्शाते हैं, किंतु पूर्ण रूप से प्रकार्यात्मक समूह के द्वारा सुनिश्चित किए जाने वाले रासायनिक गुण समजातीय श्रेणी में एकसमान बने रहते हैं।

क्रियाकलाप 4.2

- सूत्रों तथा आणविक द्रव्यमानों में अंतर की गणना कीजिए— (a). CH_3OH तथा C_2H_5OH (b) C_2H_5OH तथा C_3H_7OH एवं (c) C_3H_7OH तथा C_4H_9OH
- क्या इन तीनों में कोई समानता है?
- एक परिवार तैयार करने के लिए इन एल्कोहलों को कार्बन परमाणुओं के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए। क्या इनको एक समजातीय श्रेणी का परिवार कहा जा सकता है?
- सारणी 4.3 में दिए गए अन्य प्रकार्यात्मक समूहों के लिए चार कार्बनों तक के यौगिकों वाली समजातीय श्रेणी तैयार कीजिए।

4.2.5 कार्बन यौगिकों की नामपद्धति

किसी समजातीय श्रेणी में यौगिकों के नामों का आधार बेसिक कार्बन की उन मूल शृंखलाओं पर आधारित होता है, जिनको प्रकार्यात्मक समूह की प्रकृति के अनुसार 'पूर्वलग्न' 'उपसर्ग' या 'अनुलग्न' 'प्रत्यय' के द्वारा संशोधित किया गया हो। जैसे क्रियाकलाप 4.2 में लिए गए एल्कोहलों के नाम हैं— मेथेनॉल, एथेनॉल, प्रोपेनॉल तथा ब्यूटेनॉल।

निम्नलिखित विधि के द्वारा किसी कार्बन यौगिक का नामकरण किया जा सकता है—

(i) यौगिक में कार्बन परमाणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए। तीन कार्बन परमाणु वाले यौगिक का नाम प्रोपेन होगा।

(ii) प्रकार्यात्मक समूह की उपस्थिति में इसको पूर्वलग्न अथवा अनुलग्न के साथ यौगिक के नाम में दर्शाया जाता है। (सारणी 4.4 के अनुसार)

(iii) यदि प्रकार्यात्मक सूमह का नाम अनुलग्न के आधार पर दिया जाना हो तथा यदि प्रकार्यात्मक समूह के अनुलग्न नाम स्वर a, e, i, o, u से प्रारंभ होता हो तो कार्बन शृंखला के नाम से अंत का ‘e’ हटाकर, उसमें समुचित अनुलग्न लगाकर संशोधित करते हैं, जैसे– कीटोन सूमह की तीन कार्बन वाली श्रंखला को निम्नलिखित विधि से नाम दिया जाएगा– Propane – ‘e' = propan + ‘one' = propanone प्रोपेनोन.

(iv) असंतृप्त कार्बन शृंखला में कार्बन शृंखला के नाम में दिए गए अंतिम ‘ane' को सारणी 4.4 के अनुसार ‘ene' या ‘yne' से प्रतिस्थापित करते हैं, जैसे– द्विआबंध वाली तीन कार्बन की शृंखला प्रोपीन कहलाएगी तथा त्रि-आबंध होने पर यह प्रोपाइन (propyne) कहलाएगी।

सारणी 4.4 कार्बनिक यौगिकों की नामपद्धति

यौगिकों का प्रकार	पूर्वलग्न/अनुलग्न	उदाहरण	
1. हैलो ऐल्केन	पूर्वलग्न क्लोरो, ब्रोमो, आदि	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-Cl}$	क्लोरोप्रोपेन
		$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-Br}$	ब्रोमोप्रोपेन
2. एल्कोहल	अनुलग्न - ol	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-OH}$	प्रोपेनॉल
3. ऐल्डिहाइड	अनुलग्न - al	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{C}=O}$	प्रोपेनैल
4. कीटोन	अनुलग्न - one	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\underset{\overset{\Vert}{O}}{C}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-H}$	प्रोपेनोन
5. कार्बोक्सिलिक अम्ल	अनुलग्न - oic acid	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{\underset{\Vert}{O}}{C}-OH}$	प्रोपेनॉइक अम्ल
6. ऐल्कीन	अनुलग्न - ene	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{C}=C\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup H}{\diagdown H}}$	प्रोपीन
7. ऐल्काइन	अनुलग्न - yne	$\mathrm{H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-C\equiv C-H}$	प्रोपाइन

प्रश्न

1. पेन्टेन के लिए आप कितने संरचनात्मक समावयवों का चित्रण कर सकते हैं?
2. कार्बन के दो गुणधर्म कौन से हैं, जिनके कारण हमारे चारों ओर कार्बन यौगिकों की विशाल संख्या दिखाई देती है?
3. साइक्लोपेन्टेन का सूत्र तथा इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना क्या होंगे?
4. निम्नलिखित यौगिकों की संरचनाएँ चित्रित कीजिए—

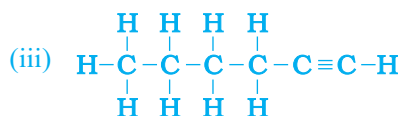
   (i) एथेनॉइक अम्ल (ii) ब्रोमोपेन्टेन*

   (iii) ब्यूटेनोन (iv) हेक्सेनैल

   *क्या ब्रोमोपेन्टेन के संरचनात्मक समावयव संभव हैं?
5. निम्नलिखित यौगिकों का नामकरण कैसे करेंगे?

   (i) $CH_3—CH_2—Br$ (ii) $H-\overset{\overset{\large H}{|}}{C}=O$

   (iii) $$\begin{array}{ccccccccccc} & & H & & H & & H & & H & & \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C\equiv C-H \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ & & H & & H & & H & & H & & \end{array}$$

?

4.3 कार्बन यौगिकों के रासायनिक गुणधर्म

इस भाग में हम कार्बन यौगिकों के कुछ रासायनिक गुणधर्मों का अध्ययन करेंगे। चूँकि, हमारे द्वारा उपयोग में लाए जाने वाले अधिकांश ईंधन कार्बन अथवा उसके यौगिक होते हैं, अतः सर्वप्रथम हम दहन के विषय में पढ़ेंगे।

4.3.1 दहन

अपने सभी अपररूपों में कार्बन, ऑक्सीजन में दहन करके ऊष्मा एवं प्रकाश के साथ कार्बन डाइऑक्साइड देता है। दहन पर अधिकांश कार्बन यौगिक भी प्रचुर मात्रा में ऊष्मा एवं प्रकाश को मुक्त करते हैं। निम्नलिखित वे ऑक्सीकरण अभिक्रियाएँ हैं, जिनका अध्ययन आपने पहले अध्याय में किया था—

(i) $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ + ऊष्मा एवं प्रकाश

(ii) $CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ + ऊष्मा एवं प्रकाश

(iii) $CH_3CH_2OH + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ + ऊष्मा एवं प्रकाश

पहले अध्याय में अध्ययन की गई विधि से (ii), (iii) अभिक्रियाओं को संतुलित कीजिए।

क्रियाकलाप 4.3

सावधानी— इस क्रियाकलाप के लिए शिक्षक का पर्यवेक्षण अनिवार्य है।

- एक स्पैचुला में एक-एक करके कुछ कार्बन यौगिकों (नैफ्थलीन, कैम्फर, एल्कोहल) को लेकर जलाइए।

2024-25

- ज्वाला की प्रकृति का प्रेक्षण कीजिए तथा लिखिए कि धुआँ उत्पन्न हुआ या नहीं।
- ज्वाला के ऊपर धातु की एक तश्तरी रखिए। इनमें से किसी भी यौगिक के कारण क्या तश्तरी पर कोई निक्षेपण हुआ?

क्रियाकलाप 4.4

- एक बुन्सेन बर्नर जलाइए तथा विभिन्न प्रकार की ज्वालाओं अथवा धुएँ की उपस्थिति को प्राप्त करने के लिए उसके आधार पर वायु छिद्र को व्यवस्थित कीजिए।
- पीली, कज्जली ज्वाला कब प्राप्त हुई?
- नीली ज्वाला कब प्राप्त हुई?

संतृप्त हाइड्रोकार्बन से सामान्यतः स्वच्छ ज्वाला निकलेगी, जबकि असंतृप्त कार्बन यौगिकों से अत्यधिक काले धुएँ वाली पीली ज्वाला निकलेगी। इसके परिणामस्वरूप क्रियाकलाप 4.3 में धातु की तश्तरी पर कज्जली निक्षेपण होगा, लेकिन वायु की आपूर्ति को सीमित कर देने से अपूर्ण दहन होने पर संतृप्त हाइड्रोकार्बनों से भी कज्जली ज्वाला निकलेगी। घरों में उपयोग में लाई जाने वाली गैस अथवा केरोसिन के स्टोव में वायु के लिए छिद्र होते हैं, जिनसे पर्याप्त मात्रा में ऑक्सीजन-समृद्ध मिश्रण जलकर स्वच्छ नीली ज्वाला देता है।

यदि कभी बर्तनों के तले काले होते हुए दिखाई दें तो इसका अर्थ होगा कि वायु छिद्र अवरुद्ध हैं तथा ईंधन का व्यर्थ व्यय हो रहा है। कोयले तथा पेट्रोलियम जैसे ईंधनों में कुछ मात्रा में नाइट्रोजन तथा सल्फ़र होती हैं। इनके दहन के फलस्वरूप सल्फ़र तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड का निर्माण होता है, जो पर्यावरण में प्रमुख प्रदूषक हैं।

क्या आप जानते हैं?

क्यों जलते हुए पदार्थ ज्वाला उत्पन्न करते हैं अथवा नहीं करते हैं?

क्या आपने कभी कोयले अथवा लकड़ी की अग्नि को देखा है? यदि नहीं, तो अगली बार जब भी अवसर मिले तो आप ध्यान से देखिए कि लकड़ी अथवा कोयले का जलना आरंभ होने पर क्या होता है। आपने देखा कि एक मोमबत्ती या गैस स्टोव की एलपीजी., जलते समय ज्वाला उत्पन्न करती है। यद्यपि आप देखेंगे कि अँगीठी में जलने वाला कोयला या तारकोल कभी-कभी लाल रंग के समान उज्ज्वल होता है तथा बिना ज्वाला के ऊष्मा देता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि केवल गैसीय पदार्थों के जलने पर ही ज्वाला उत्पन्न होती है। लकड़ी या तारकोल जलाने पर उपस्थित वाष्पशील पदार्थ वाष्पीकृत हो जाते हैं तथा आरंभ में ज्वाला के साथ जलते हैं।

गैसीय पदार्थों के परमाणुओं को ताप देने पर एक दीप्त ज्वाला दिखाई देती है तथा उज्ज्वल होना आरंभ करती है। प्रत्येक तत्व के द्वारा उत्पन्न रंग उस तत्व का अभिलाक्षणिक गुण होता है। गैस स्टोव की ज्वाला में ताँबे के तार को जलाने का प्रयास कीजिए तथा इसके रंग का प्रेक्षण कीजिए। आपने देखा कि अपूर्ण दहन से कज्जल उत्पन्न होता है, जो कार्बन होता है। इसके आधार पर आप मोमबत्ती की पीले रंग की ज्वाला का क्या कारण बताएँगे?

क्या आप जानते हैं?

कोयले तथा पेट्रोलियम का निर्माण

कोयले तथा पेट्रोलियम का निर्माण जैवमात्रा से हुआ है, जो विभिन्न जैविकीय तथा भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं पर निर्भर करते हैं। कोयला लाखों वर्ष पुराने वृक्षों, फ़र्न तथा अन्य पौधे का अवशेष है। संभवतः भूकंप अथवा ज्वालामुखी फटने के कारण ये धरती में चट्टानों की परतों के नीचे दब गए थे तथा धीरे-धीरे क्षय होकर ये कोयला बन गए। तेल तथा गैस लाखों वर्ष पुराने छोटे समुद्री पौधों तथा जीवों के अवशेष हैं। उनके मृत होने पर उनके शरीर समुद्र-तल में डूब गए तथा गाद से ढक गए। उन मृत अवशेषों पर बैक्टीरिया के आक्रमण से प्रबल दाब के कारण तेल तथा गैस का निर्माण हुआ। इसी बीच गाद धीरे-धीरे दबकर चट्टान बन गया। चट्टान के छिद्रित भागों से तेल तथा गैस का रिसाव हुआ और ये पानी में स्पंज की तरह फँस गए। क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि कोयले तथा पेट्रोलियम को जीवाश्मी ईंधन क्यों कहते हैं?

4.3.2 ऑक्सीकरण

क्रियाकलाप 4.5

- एक परखनली में लगभग 3 mL एथेनॉल लीजिए तथा इसे जल ऊष्मक में सावधानी से गर्म कीजिए।
- इस विलयन में क्षारीय पोटैशियम परमैंगनेट का 5% एक-एक बूँद करके डालिए।
- डालने पर आरंभ में क्या पोटैशियम परमैंगनेट का रंग बना रहता है?
- अधिक मात्रा में डालने पर पोटैशियम परमैंगनेट का रंग लुप्त क्यों नहीं होता?

प्रथम अध्याय में आपने ऑक्सीकरण की अभिक्रियाओं का अध्ययन किया। दहन करने पर कार्बन यौगिकों को सरलता से ऑक्सीकृत किया जा सकता है। इस पूर्ण ऑक्सीकरण के अतिरिक्त ऐसी अभिक्रियाएँ भी होती हैं, जिनमें एल्कोहल को कार्बोक्सिलिक अम्ल में बदला जाता है—

$$CH_3-CH_2OH \xrightarrow[\text{या अम्लीकृत } K_2Cr_2O_7 + \text{ ऊष्मा}]{\text{क्षारीय } KMnO_4 + \text{ ऊष्मा}} CH_3COOH$$

हम देखते हैं कि कुछ पदार्थों में अन्य पदार्थों को ऑक्सीजन देने की क्षमता होती है। इन पदार्थों को **ऑक्सीकारक** कहा जाता है।

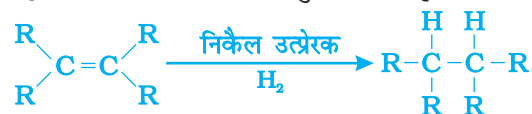
क्षारीय पोटैशियम परमैंगनेट अथवा अम्लीकृत पोटैशियम डाइक्रोमेट एल्कोहलों को अम्लों में आक्सीकृत करते हैं अर्थात ये आरंभिक पदार्थ में ऑक्सीजन जोड़ते हैं। अतएव इनको ऑक्सीकारक कहते हैं।

4.3.3 संकलन अभिक्रिया

पैलेडियम अथवा निकैल जैसे उत्प्रेरकों की उपस्थिति में असंतृप्त हाइड्रोकार्बन हाइड्रोजन जोड़कर संतृप्त हाइड्रोकार्बन देते हैं। उत्प्रेरक वे पदार्थ होते हैं, जिनके कारण अभिक्रिया भिन्न दर से आगे

2024-25

बढ़ती है, जो अभिक्रिया को प्रभावित नहीं करते हैं। निकैल उत्प्रेरक का उपयोग करके साधारणतः वनस्पति तेलों के हाड्रोजनीकरण में इस अभिक्रिया का उपयोग होता है। वनस्पति तेलों में साधारणतः लंबी असंतृप्त कार्बन शृंखलाएँ होती हैं, जबकि जंतु वसा में संतृप्त कार्बन शृंखलाएँ होती हैं।

$$R_2C=CR_2 \xrightarrow[H_2]{\text{निकैल उत्प्रेरक}} R-CHR-CHR-R$$

आपने देखा होगा कि कुछ विज्ञापनों में कहा जाता है कि वनस्पति तेल 'स्वास्थ्यवर्धक' होते हैं। साधारणतः, जंतु वसा में संतृप्त वसा अम्ल होते हैं, जो स्वास्थ्य के लिए हानिकारक माने जाते हैं। भोजन पकाने के लिए असंतृप्त वसा अम्लों वाले तेलों का उपयोग करना चाहिए।

4.3.4 प्रतिस्थापन अभिक्रिया

संतृप्त हाइड्रोकार्बन अत्यधिक अनभिक्रित होते हैं तथा अधिकांश अभिकर्मकों की उपस्थिति में अक्रिय होते हैं। हालाँकि, सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में अति तीव्र अभिक्रिया में क्लोरीन का हाइड्रोकार्बन में संकलन होता है। क्लोरीन एक-एक करके हाइड्रोजन के परमाणुओं का प्रतिस्थापन करती है। इसको प्रतिस्थापन अभिक्रिया कहते हैं, क्योंकि एक प्रकार का परमाणु, अथवा परमाणुओं के समूह दूसरे का स्थान लेते हैं। साधारणतः उच्च समजातीय ऐल्केन के साथ अनेक उत्पादों का निर्माण होता है।

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{(सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में)}} CH_3Cl + HCl$$

प्रश्न

1. एथनॉल से एथेनॉइक अम्ल में परिवर्तन को ऑक्सीकरण अभिक्रिया क्यों कहते हैं?
2. ऑक्सीजन तथा एथाइन के मिश्रण का दहन वेल्डिंग के लिए किया जाता है। क्या आप बता सकते हैं कि एथाइन तथा वायु के मिश्रण का उपयोग क्यों नहीं किया जाता?

4.4 कुछ महत्वपूर्ण कार्बन यौगिक— एथनॉल तथा एथेनॉइक अम्ल

अनेक कार्बन यौगिक हमारे लिए अनमोल होते हैं, किंतु यहाँ हम व्यावसायिक रूप से महत्वपूर्ण दो यौगिकों— एथनॉल तथा एथेनॉइक अम्लों के गुणधर्मों का अध्ययन करेंगे।

4.4.1 एथनॉल के गुणधर्म

एथनॉल कक्ष के ताप पर द्रव अवस्था में होता है। (एथनॉल के गलनांक एवं क्वथनांक के लिए सारणी 4.1 देखिए) सामान्यतः एथेनॉल को एल्कोहल कहा जाता है तथा यह सभी एल्कोहल पेय पदार्थों का महत्वपूर्ण अवयव होता है। इसके अतिरिक्त यह एक अच्छा विलायक है। इसलिए,

इसका उपयोग टिंचर आयोडीन, कफ़ सीरप, टॉनिक आदि जैसी औषधियों में होता है। एथनॉल को किसी भी अनुपात में जल में मिलाया जा सकता है। तनु एथनॉल की थोड़ी सी भी मात्रा लेने पर नशा आ जाता है। हालाँकि एल्कोहल पीना निंदनीय है, लेकिन समाज में बड़े पैमाने पर प्रचलित है, लेकिन शुद्ध एथनॉल (परिशुद्ध एल्कोहल) की थोड़ी सी भी मात्रा घातक सिद्ध हो सकती है। काफ़ी समय तक एल्कोहल का सेवन करने से स्वास्थ्य संबंधी कई समस्याएँ उत्पन्न हो जाती हैं।

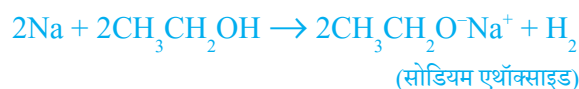
क्रियाकलाप 4.6

शिक्षक के द्वारा प्रदर्शन—

- लगभग दो चावल के आकार के बराबर सोडियम के एक छोटे टुकड़े को एथनॉल (परिशुद्ध एल्कोहल) में डालिए।
- आप क्या प्रेक्षित करते हैं?
- उत्सर्जित गैस की आप कैसे जाँच करेंगे?

एथनॉल की अभिक्रियाएँ

(i) सोडियम के साथ अभिक्रिया—

$$2Na + 2CH_3CH_2OH \longrightarrow 2CH_3CH_2O^-Na^+ + H_2$$

(सोडियम एथॉक्साइड)

एल्कोहल सोडियम से अभिक्रिया कर हाइड्रोजन गैस उत्सर्जित करता है। एथनॉल के साथ अभिक्रिया में दूसरा उत्पाद सोडियम एथॉक्साइड बनता है। क्या आप बता सकते हैं कि कौन-सा दूसरा पदार्थ धातु से अभिक्रिया कर हाइड्रोजन बनाता है?

(ii) असंतृप्त हाइड्रोकार्बन बनाने की अभिक्रिया— 443K तापमान पर एथनॉल को आधिक्य सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल के साथ गर्म करने पर एथनॉल का निर्जलीरण होकर एथीन बनता है।

$$CH_3-CH_2OH \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{गर्म सांद्र}} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

इस अभिक्रिया में सल्फ़्यूरिक अम्ल निर्जलीकारक के रूप में काम करता है, जो एथनॉल से जल को अलग कर देता है।

क्या आप जानते हैं?

सजीव प्राणियों पर एल्कोहल का क्या प्रभाव पड़ता है?

जब अधिक मात्रा में एथनॉल का सेवन किया जाता है तो इससे उपापचयी प्रक्रिया धीमी हो जाती है तथा केंद्रीय तंत्रिका तंत्र कमज़ोर हो जाता है। इसके फलस्वरूप समन्वय की कमी, मानसिक दुविधा, उनींदापन, सामान्य अन्तर्बाध का कम हो जाना एवं भावशून्यता आती है। यद्यपि व्यक्ति राहत महसूस करता है, लेकिन उसे पता नहीं चल पाता कि उसके सोचने, समझने की क्षमता तथा मांसपेशी बुरी तरह प्रभावित हुई है। एथनॉल के विपरीत मेथेनॉल की थोड़ी सी थी मात्रा लेने से मृत्यु हो सकती है। यकृत में मेथेनॉल ऑक्सीकृत होकर मेथेनैल बन जाता है। मेथेनैल यकृत की कोशिकाओं के घटकों के साथ शीघ्र अभिक्रिया करने लगता है। इससे प्रोटोप्लाज्म उसी प्रकार स्कंदित हो जाता है,

जिस प्रकार पकाने पर अंडा स्कंदित होता है। मेथेनैल चाक्षुष तंत्रिका को भी प्रभावित करता है, जिससे व्यक्ति अंधा हो सकता है। एथनॉल एक महत्वपूर्ण औद्योगिक विलायक है। औद्योगिक उपयोग के लिए तैयार एथनॉल का दुरुपयोग रोकने के लिए इसमें मेथेनॉल जैसा ज़हरीला पदार्थ मिला दिया जाता है, जिससे यह पीने योग्य न रह जाए। एल्कोहल की पहचान करने के लिए इसमें रंजक मिलाकर इसका रंग नीला बना दिया जाता है। इसे विकृत एल्कोहल कहा जाता है।

क्या आप जानते हैं?

ईंधन के रूप में एल्कोहल

गन्ना सूर्य के प्रकाश को रासायनिक ऊर्जा में बदलने में सर्वाधिक सक्षम होता है। गन्ने का रस मोलेसस (सिरा) बनाने के उपयोग में लाया जाता है, जिसका किण्वन करके एल्कोहल (एथनॉल) तैयार किया जाता है। कुछ देशों में एल्कोहल में पेट्रोल मिलाकर उसे स्वच्छ ईंधन के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। यह ईंधन पर्याप्त ऑक्सीजन होने पर केवल कार्बन डाइऑक्साइड एवं जल उत्पन्न करता है।

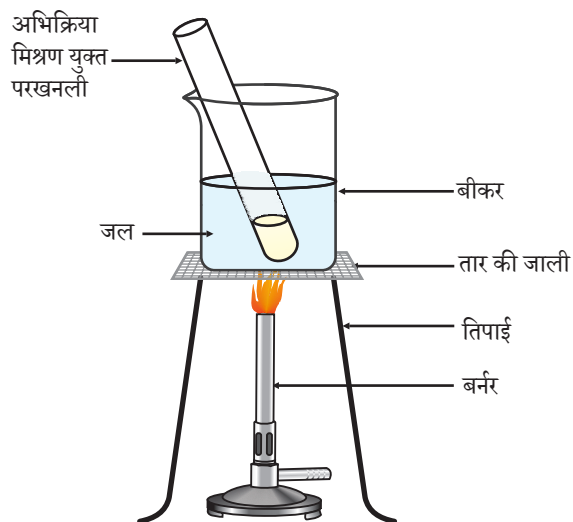
4.4.2 एथेनॉइक अम्ल के गुणधर्म

एथेनॉइक अम्ल को सामान्यत: ऐसीटिक अम्ल कहा जाता है तथा यह कार्बोक्सिलिक अम्ल समूह से संबंधित है। ऐसीटिक अम्ल के 3-4% विलयन को सिरका कहा जाता है एवं इसे अचार में परिरक्षक के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। शुद्ध एथनॉइक अम्ल का गलनांक 290 K होता है और इसलिए ठंडी जलवायु में शीत के दिनों में यह जम जाता है। इस कारण इसे ग्लैशल ऐसीटिक अम्ल कहते हैं। कार्बोक्सिलिक अम्ल कहा जाने वाला कार्बनिक यौगिकों के समूह का अभिलक्षण इसकी अम्लीयता होती है। हालाँकि, खनिज अम्लों के विपरीत कार्बोक्सिलिक अम्ल दुर्बल अम्ल होते हैं। खनिज अम्ल, जैसे– हाइड्रोक्लोरिक अम्ल पूरी तरह आयनीकृत हो जाते हैं।

क्रियाकलाप 4.7

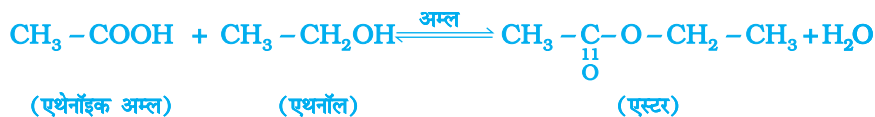
- लिटमस पत्र एवं सार्वत्रिक सूचक का उपयोग कर तनु ऐसीटिक अम्ल तथा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के pH मान की तुलना कीजिए।
- क्या लिटमस परीक्षण में दोनों अम्ल सूचित होते हैं?
- सार्वत्रिक सूचक से क्या दोनों अम्लों के प्रबल होने का पता चलता है?

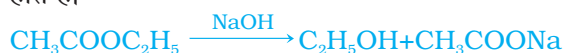
क्रियाकलाप 4.8

- एक परखनली में सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल की कुछ बूँदें, एक-एक mL एथेनॉल (परिशुद्ध एल्कोहल) एवं ग्लैशल ऐसीटिक अम्ल लीजिए।
- कम से कम पाँच मिनट तक जल ऊष्मक में उसे गर्म करें जैसा चित्र 4.1 में दिखाया गया है।
- अब इसे उस बीकर में उड़ेल दीजिए जिसमें 20-50 mL जल हो तथा उस मिश्रण को सूँघिए।

चित्र 4. एस्टर का निर्माण

एथेनॉइक अम्ल की अभिक्रियाएँ

(i) एस्टरीकरण अभिक्रिया— एस्टर मुख्य रूप से अम्ल एवं एल्कोहल की अभिक्रिया से निर्मित होते हैं। एथेनॉइक अम्ल किसी अम्ल उत्प्रेरक की उपस्थिति में परिशुद्ध एथनॉल से अभिक्रिया करके एस्टर बनाते हैं—

$$\underset{\text{(एथेनॉइक अम्ल)}}{CH_3-COOH} + \underset{\text{(एथनॉल)}}{CH_3-CH_2OH} \xrightleftharpoons{\text{अम्ल}} \underset{\text{(एस्टर)}}{CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3} + H_2O$$

सामान्यतया एस्टर की गंध मृदु होती है। इसका उपयोग इत्र बनाने एवं स्वाद उत्पन्न करने वाले कारक के रूप में किया जाता है। सोडियम हाइड्रॉक्साइड से अभिक्रिया द्वारा, जो एक क्षार है, एस्टर पुनः एल्कोहल एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल का सोडियम लवण बनाता है। इस अभिक्रिया को साबुनीकरण कहा जाता है, क्योंकि इससे साबुन तैयार किया जाता है। साबुन दीर्घ शृंखला वाले कार्बोक्सिलिक अम्लों सोडियम अथवा पोटैशियम लवण होते हैं।

$$CH_3COOC_2H_5 \xrightarrow{NaOH} C_2H_5OH + CH_3COONa$$

(ii) क्षारक के साथ अभिक्रिया— खनिज अम्ल की भाँति एथेनॉइक अम्ल सोडियम हाइड्रोक्सॉइड जैसे क्षारक से अभिक्रिया करके लवण (सोडियम एथेनोएट या सोडियम ऐसीटेट) तथा जल बनाता है।

$$NaOH + CH_3COOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

एथेनॉइक अम्ल कार्बोनेट एवं हाइड्रोजन कार्बोनेट से कैसे अभिक्रिया करता है? आइए, जानने के लिए हम एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 4.9

- अध्याय 2 के क्रियाकलाप 2.5 के अनुसार उपकरण तैयार कीजिए।
- एक परखनली में एक स्पैचुला भरकर सोडियम कार्बोनेट लीजिए तथा उसमें 2 mL तनु एथेनॉइक अम्ल मिलाइए।
- आप क्या प्रेक्षित करते हैं?
- ताजे चूने के जल में इस गैस को प्रवाहित कीजिए। आप क्या देखते हैं?
- क्या इस परीक्षण से एथेनॉइक अम्ल एवं सोडियम कार्बोनेट की अभिक्रिया से उत्पन्न गैस का पता चल सकता है?
- अब सोडियम कार्बोनेट के स्थान पर सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ यह क्रियाकलाप दोहराइए।

(iii) कार्बोनेट एवं हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ अभिक्रिया— एथेनॉइक अम्ल कार्बोनेट एवं हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ अभिक्रिया करके लवण, कार्बन डाइऑक्साइड एवं जल बनाता है। इस अभिक्रिया में उत्पन्न लवण को सोडियम ऐसीटेट कहते हैं।

$$2CH_3COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \longrightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

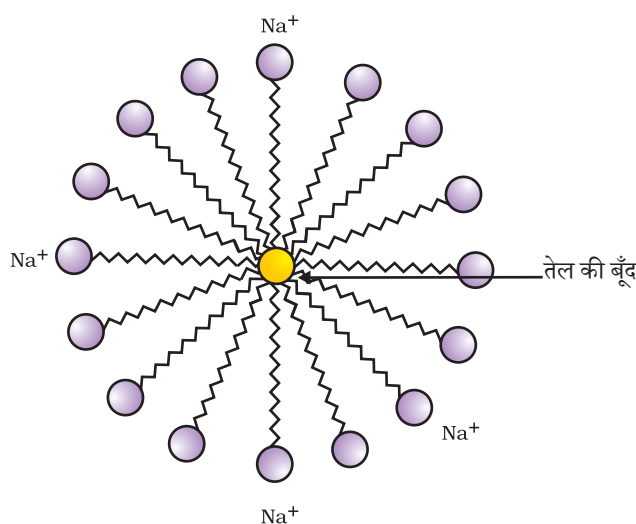
2024-25

प्रश्न

1. प्रयोग द्वारा आप एल्कोहल एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल में कैसे अंतर कर सकते हैं?
2. ऑक्सीकारक क्या हैं?

4.5 साबुन और अपमार्जक

क्रियाकलाप 4.10

- दो परखनलियों में 10-10 mL जल लीजिए।
- दोनों में एक-एक बूँद तेल (पाक तेल) डालिए एवं उन्हें 'A' तथा 'B' नाम दीजिए।
- परखनली 'B' में साबुन के घोल की कुछ बूँदें डालिए।
- दोनों परखनलियों को समान समय तक जोर-जोर से हिलाइए।
- क्या हिलाना बंद करने के बाद दोनों परखनलियों में आप तेल एवं जल की परतों को अलग-अलग देख सकते हैं?
- कुछ देर तक दोनों परखनलियों को स्थिर रखिए एवं फिर उस पर ध्यान दीजिए। क्या तेल की परत अलग हो जाती है? ऐसा किस परखनली में पहले होता है।

चित्र 4.12 मिसेल का निर्माण

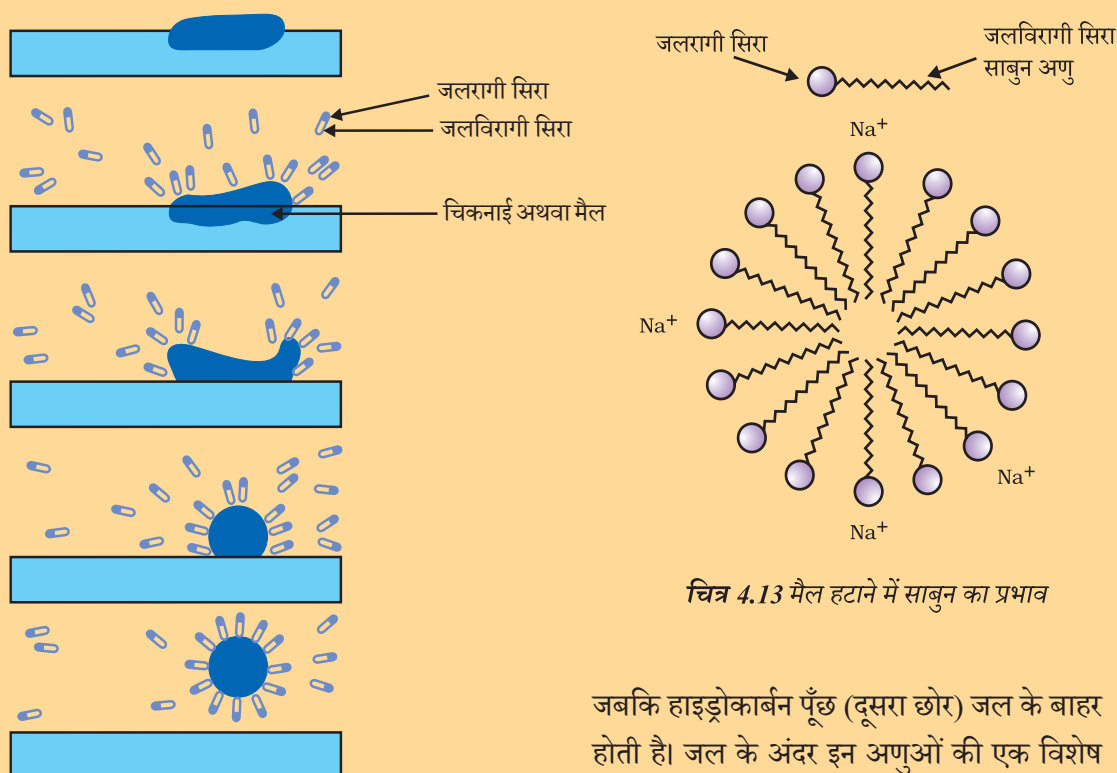
इस क्रियाकलाप से सफ़ाई में साबुन के प्रभाव का पता चलता है। अधिकांश मैल तैलीय होते हैं और आप जानते हैं कि तेल पानी में अघुलनशील है। साबुन के अणु लंबी श्रंखला वाले कार्बोक्सिलिक अम्लों के सोडियम एवं पोटैशियम लवण होते हैं। साबुन का आयनिक भाग जल से जबकि कार्बन शृंखला तेल से पारस्परिक क्रिया करती है। इस प्रकार साबुन के अणु मिसेली संरचना (चित्र 4.12) तैयार करते हैं, जहाँ अणु का एक सिरा तेल कण की ओर तथा आयनिक

सिरा बाहर की ओर होता है। इससे पानी में इमल्शन बनता है। इस प्रकार साबुन का मिसेल मैल को पानी बाहर निकलने में मदद करता है और हमारे कपड़े साफ (चित्र 4.13) हो जाते है।

क्या आप मिसेल की संरचना बना सकते हैं, जो साबुन को हाइड्रोकार्बन में घोलने से बनता है?

यह भी जानिए!

मिसेल

साबुन के अणु ऐसे होते हैं, जिनके दोनों सिरों के विभिन्न गुणधर्म होते हैं। जल में विलेय एक सिरे को **जलरागी** कहते हैं तथा हाइड्रोकार्बन में विलेय दूसरे सिरे को **जलविरागी** कहते हैं। जब साबुन जल की सतह पर होता है तब इसके अणु अपने को इस प्रकार व्यवस्थित कर लेते हैं कि इसका आयनिक सिरा जल के अंदर होता है

चित्र 4.13 मैल हटाने में साबुन का प्रभाव

जबकि हाइड्रोकार्बन पूँछ (दूसरा छोर) जल के बाहर होती है। जल के अंदर इन अणुओं की एक विशेष व्यवस्था होती है, जिससे इसका हाइड्रोकार्बन सिरा जल के बाहर बना होता है। ऐसा अणुओं का बड़ा गुच्छा बनने के कारण होता है, जिसमें जलविरागी पूँछ गुच्छे के आंतरिक हिस्से में होती है, जबकि उसका आयनिक सिरा गुच्छे की सतह पर होता है। इस संरचना को मिसेल कहते हैं। मिसेल के रूप में साबुन स्वच्छ करने में सक्षम होता है, क्योंकि तैलीय मैल मिसेल के केंद्र में एकत्र हो जाते हैं। मिसेल विलयन में कोलॉइड के रूप में बने रहते है तथा आयन-आयन विकर्षण के कारण वे अवक्षेपित नहीं होते। इस प्रकार मिसेल में तैरते मैल आसानी से हटाए जा सकते हैं। साबुन के मिसेल प्रकाश को प्रकीर्णित कर सकते हैं। यही कारण है कि साबुन का घोल बादल जैसा दिखता है।

क्रियाकलाप 4.11

- अलग-अलग परखनलियों में 10–10 mL आसुत जल (अथवा वर्षा जल) एवं कठोर जल (हैंडपंप या कुएँ का जल) लीजिए।
- दोनों में साबुन के घोल की कुछ बूँदें मिलाइए।
- दोनों परखनलियों को एक ही समय तक हिलाइए एवं उससे बनने वाले झाग पर ध्यान दीजिए।
- किस परखनली में अधिक झाग बनता है?
- किस परखनली में श्वेत दही जैसा अवक्षेप प्राप्त होता है?
- शिक्षक के लिए निर्देश— यदि आपके आसपास कठोर जल उपलब्ध नहीं है तो साधारण जल में हाइड्रोजन कार्बोनेट अथवा सल्फ़ेट अथवा मैग्नीशियम या कैल्सियम के क्लोराइड को घोलकर कठोर जल तैयार कीजिए।

क्रियाकलाप 4.12

- दो परखनलियाँ लीजिए और प्रत्येक में 10–10 mL कठोर जल डालिए।
- एक में साबुन के घोल की पाँच बूँदें तथा दूसरे में अपमार्जक के घोल की पाँच बूँदें डालिए।
- दोनों परखनलियों को एक ही समय तक हिलाएँ।
- क्या दोनों में झाग की मात्रा समान है?
- किस परखनली में दही जैसा ठोस पदार्थ बनता है?

क्या आपने कभी स्नान करते समय अनुभव किया है कि झाग मुश्किल से बन रहा है एवं जल से शरीर धो लेने के बाद भी कुछ अघुलनशील पदार्थ (स्कम) जमा रहता है। ऐसा इसलिए होता है, क्योंकि साबुन कठोर जल में उपस्थित कैल्सियम एवं मैग्नीशियम लवणों से अभिक्रिया करता है। ऐसे में आपको अधिक मात्रा में साबुन का उपयोग करना पड़ता है। एक अन्य प्रकार के यौगिक यानी अपमार्जक का उपयोग कर इस समस्या को निपटाया जा सकता है। अपमार्जक सामान्यतः लंबी कार्बन शृंखला वाले सल्फ़ोनिक लवण अथवा लंबी कार्बन शृंखला वाले अमोनियम लवण होते हैं, जो क्लोराइड या बोमाइड आयनों के साथ बनते हैं। इन यौगिकों का आवेशित सिरा कठोर जल में उपस्थित कैल्शियम एवं मैग्नीशियम आयनों के साथ अघुलनशील पदार्थ नहीं बनाते हैं। इस प्रकार वह कठोर जल में भी प्रभावी बने रहते हैं। सामान्यतः अपमार्जकों का उपयोग शैंपू एवं कपड़े धोने के उत्पाद बनाने में होता है।

प्रश्न

1. क्या आप डिटरजेंट का उपयोग कर बता सकते हैं कि कोई जल कठोर है अथवा नहीं?
2. लोग विभिन्न प्रकार से कपड़े धोते हैं। सामान्यतः साबुन लगाने के बाद लोग कपड़े को पत्थर पर पटकते हैं, डंडे से पीटते हैं, ब्रुश से रगड़ते हैं या वाशिंग मशीन में कपड़े रगड़े जाते हैं। कपड़ा साफ़ करने के लिए उसे रगड़ने की क्यों आवश्यकता होती है?

आपने क्या सीखा

- कार्बन एक सर्वतोमुखी तत्व है, जो सभी जीवों एवं हमारे उपयोग में आने वाली वस्तुओं का आधार है।
- कार्बन की चतु:संयोजकता एवं शृंखलन प्रकृति के कारण यह कई यौगिक बनाता है।
- अपने-अपने बाहरी कोशों को पूर्ण रूप से भरने के लिए दो परमाणुओं के बीच इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी से सहसंयोजक आबंध बनता है।
- कार्बन अपने या दूसरे तत्वों; जैसे– हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, सल्फ़र, नाइट्रोजन एवं क्लोरीन के साथ सहसंयोजक आबंध बनाता है।
- कार्बन ऐसे यौगिक भी बनाता है, जिसमें कार्बन परमाणुओं के बीच द्वि या त्रिआबंध होते हैं। कार्बन की यह श्रंखला, सीधी, शाखायुक्त या वलीय किसी भी रूप में हो सकती है।
- कार्बन की शृंखला बनाने की क्षमता के कारण यौगिकों की एक समजाती श्रेणी उत्पन्न होती है, जिसमें विभिन्न लंबाई वाली कार्बन शृंखला से समान प्रकार्यात्मक समूह जुड़ा होता है।
- एल्कोहल, ऐल्डिहाइड, कीटोन एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल जैसे समूह कार्बन यौगिकों का अभिलाक्षणिक गुण प्रदान करते हैं।
- कार्बन तथा उसके यौगिक हमारे ईंधन के प्रमुख स्रोत हैं।
- कार्बन यौगिक एथनॉल एवं एथेनॉइक अम्ल का हमारे दैनिक जीवन में काफ़ी महत्व है।
- साबुन एवं अपमार्जक की प्रक्रिया अणुओं में जलरागी तथा जलविरागी दोनों समूहों की उपस्थिति पर आधारित है। इसकी मदद से तैलीय मैल का पायस बनता है और बाहर निकलता है।

अभ्यास

1. एथेन का आण्विक सूत्र - C_2H_6 है। इसमें—
   (a) 6 सहसंयोजक आबंध हैं।
   (b) 7 सहसंयोजक आबंध हैं।
   (c) 8 सहसंयोजक आबंध हैं।
   (d) 9 सहसंयोजक आबंध हैं।
2. ब्यूटेनॉन चर्तु-कार्बन यौगिक है, जिसका प्रकार्यात्मक समूह—
   (a) कार्बोक्सिलिक अम्ल (b) ऐल्डिहाइड
   (c) कीटोन (d) एल्कोहल
3. खाना बनाते समय यदि बर्तन की तली बाहर से काली हो रही है तो इसका मतलब है कि—
   (a) भोजन पूरी तरह नहीं पका है।
   (b) ईंधन पूरी तरह से नहीं जल रहा है।
   (c) ईंधन आर्द्र है।
   (d) ईंधन पूरी तरह से जल रहा है।

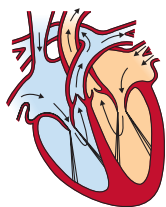
4. CH_3Cl में आबंध निर्माण का उपयोग कर सहसंयोजक आबंध की प्रकृति समझाइए।
5. इलेक्ट्रॉन बिंदु संरचना बनाइए—
   (a) एथेनॉइक अम्ल
   (b) H_2S
   (c) प्रोपेनोन
   (d) F_2
6. समजातीय श्रेणी क्या है? उदाहरण के साथ समझाइए।
7. भौतिक एवं रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर एथनॉल एवं एथेनॉइक अम्ल में आप कैसे अंतर करेंगे?
8. जब साबुन को जल में डाला जाता है तो मिसेल का निर्माण क्यों होता है? क्या एथनॉल जैसे दूसरे विलायकों में भी मिसेल का निर्माण होगा।
9. कार्बन एवं उसके यौगिकों का उपयोग अधिकतर अनुप्रयोगों में ईंधन के रूप में क्यों किया जाता है?
10. कठोर जल को साबुन से उपचारित करने पर झाग के निर्माण को समझाइए।
11. यदि आप लिटमस पत्र (लाल एवं नीला) से साबुन की जाँच करें तो आपका प्रेक्षण क्या होगा?
12. हाइड्रोजनीकरण क्या है? इसका औद्योगिक अनुप्रयोग क्या है?
13. दिए गए हाइड्रोकार्बन— C_2H_6, C_3H_8, C_3H_6, C_2H_2 एवं CH_4 में किसमें संकलन अभिक्रिया होती है?
14. संतृप्त एवं असंतृप्त कार्बन के बीच रासायनिक अंतर समझने के लिए एक परीक्षण बताइए।
15. साबुन की सफ़ाई प्रक्रिया की क्रियाविधि समझाइए।

सामूहिक क्रियाकलाप

I ■ आणविक मॉडल किट का उपयोग कर इस अध्याय में पढ़े यौगिकों का मॉडल बनाइए।

II ■ एक बीकर में 20 mL कैस्टर तेल अथवा कपास बीज का तेल अथवा तीसी का तेल अथवा सोयाबीन का तेल लीजिए। इसमें 20 प्रतिशत सोडियम हाइड्रॉक्साइड का 30 mL विलयन डालिए। मिश्रण के गाढ़ा होने तक कुछ मिनट लगातार हिलाते हुए इसे गर्म कीजिए। इसमें 5–10 g साधारण नमक मिलाइए। मिश्रण को अच्छी तरह मिलाकर उसे ठंडा कीजिए।

■ साबुन को आप आकर्षक आकार में काट सकते हैं। इसके जमने से पहले इसमें आप इत्र भी मिला सकते हैं।

1065CH06

अध्याय 5

जैव प्रक्रम

हम जैव (सजीव) तथा अजैव (निर्जीव) में कैसे अंतर स्पष्ट करते हैं? यदि हम कुत्ते को दौड़ते हुए देखते हैं या गाय को जुगाली करते हुए अथवा गली में एक इन्सान को जोर से चीखते हुए देखते हैं तो हम समझ जाते हैं कि ये सजीव हैं। यदि कुत्ता, गाय या इन्सान सो रहे हैं तो क्या तब भी हम यही सोचेंगे कि ये सजीव हैं, लेकिन हम यह कैसे जानेंगे? हम उन्हें साँस लेते देखते हैं और जान लेते हैं कि वे सजीव हैं। पौधों के बारे में हम कैसे जानेंगे कि वे सजीव हैं? हममें से कुछ कहेंगे कि वे हरे दिखते हैं, लेकिन उन पौधों के बारे में क्या कहेंगे जिनकी पत्तियाँ हरी न होकर अन्य रंग की होती हैं? वे समय के साथ वृद्धि करते हैं, अतः हम कह सकते हैं कि वे सजीव हैं। दूसरे शब्दों में, हम सजीव के सामान्य प्रमाण के तौर पर कुछ गतियों पर विचार करते हैं। ये गतियाँ वृद्धि संबंधी या अन्य हो सकती हैं, लेकिन वह पौधा भी सजीव है, जिसमें वृद्धि परिलक्षित नहीं होती। कुछ जंतु साँस तो लेते हैं, परंतु जिनमें गति स्पष्ट रूप से नहीं दिखाई देती है वे भी सजीव हैं। अतः दिखाई देने वाली गति जीवन के परिभाषित लक्षण के लिए पर्याप्त नहीं है।

अति सूक्ष्म स्केल पर होने वाली गतियाँ आँखों से दिखाई नहीं देती हैं, उदाहरण के लिए—अणुओं की गतियाँ। क्या यह अदृश्य आणविक गति जीवन के लिए आवश्यक है? यदि हम यह प्रश्न किसी व्यवसायी जीवविज्ञानी से करें तो उसका उत्तर सकारात्मक होगा। वास्तव में विषाणु के अंदर आणविक गति (जब तक वे किसी कोशिका को संक्रमित नहीं करते हैं) नहीं होती है। अतः इसी कारण यह विवाद बना हुआ है कि वे वास्तव में सजीव हैं या नहीं।

जीवन के लिए आणविक गतियाँ क्यों आवश्यक हैं? पूर्व कक्षाओं में हम यह देख चुके हैं कि सजीव की संरचना सुसंगठित होती है; उनमें ऊतक हो सकते हैं, ऊतकों में कोशिकाएँ होती हैं, कोशिकाओं में छोटे घटक होते हैं। सजीव की यह संगठित एवं सुव्यवस्थित संरचना समय के साथ-साथ पर्यावरण के प्रभाव के कारण विघटित होने लगती है। यदि यह व्यवस्था टूटती है तो जीव और अधिक समय तक जीवित नहीं रह पाएगा। अतः जीवों के शरीर को मरम्मत तथा अनुरक्षण की आवश्यकता होती है, क्योंकि ये सभी संरचनाएँ अणुओं से बनी होती हैं। अतः उन्हें अणुओं को लगातार गतिशील बनाए रखना चाहिए। सजीवों में अनुरक्षण प्रक्रम कौन से हैं? आइए, खोजते हैं।

5.1 जैव प्रक्रम क्या है?

जीवों का अनुरक्षण कार्य निरंतर होना चाहिए। यह उस समय भी चलता रहता है, जब वे कोई विशेष कार्य नहीं करते। जब हम सो रहे हों अथवा कक्षा में बैठे हों, उस समय भी यह अनुरक्षण का काम चलता रहना चाहिए। वे सभी प्रक्रम जो सम्मिलित रूप से अनुरक्षण का कार्य करते हैं, **जैव प्रक्रम** कहलाते हैं।

क्योंकि क्षति तथा टूट-फूट रोकने के लिए अनुरक्षण प्रक्रम की आवश्यकता होती है। अतः इसके लिए उन्हें ऊर्जा की आवश्यकता होगी। यह ऊर्जा एकल जीव के शरीर के बाहर से आती है। इसलिए ऊर्जा के स्रोत का बाहर से जीव के शरीर में स्थानांतरण के लिए कोई प्रक्रम होना चाहिए। इस ऊर्जा के स्रोत को हम भोजन तथा शरीर के अंदर लेने के प्रक्रम को पोषण कहते हैं। यदि जीव में शारीरिक वृद्धि होती है तो इसके लिए उसे बाहर से अतिरिक्त कच्ची सामग्री की भी आवश्यकता होगी, क्योंकि पृथ्वी पर जीवन कार्बन आधारित अणुओं पर निर्भर है। अतः अधिकांश खाद्य पदार्थ भी कार्बन आधारित हैं। इन कार्बन स्रोतों की जटिलता के अनुसार विविध जीव भिन्न प्रकार के पोषण प्रक्रम को प्रयुक्त करते हैं।

चूँकि, पर्यावरण किसी एक जीव के नियंत्रण में नहीं है। अतः ऊर्जा के ये बाह्य स्रोत विविध प्रकार के हो सकते हैं। शरीर के अंदर ऊर्जा के इन स्रोतों के विघटन या निर्माण की आवश्यकता होती है, जिससे ये अंततः ऊर्जा के एकसमान स्रोत में परिवर्तित हो जाने चाहिए। यह विभिन्न आणविक गतियों के लिए एवं विभिन्न जीव शरीर के अनुरक्षण तथा शरीर की वृद्धि के लिए आवश्यक अणुओं के निर्माण में उपयोगी है। इसके लिए शरीर के अंदर रासायनिक क्रियाओं की एक शृंखला की आवश्यकता है। उपचयन-अपचयन अभिक्रियाएँ अणुओं के विघटन की कुछ सामान्य रासायनिक युक्तियाँ हैं। इसके लिए बहुत से जीव शरीर के बाहरी स्रोत से ऑक्सीजन प्रयुक्त करते हैं। शरीर के बाहर से ऑक्सीजन को ग्रहण करना तथा कोशिकीय आवश्यकता के अनुसार खाद्य स्रोत के विघटन में उसका उपयोग **श्वसन** कहलाता है।

एक एक-कोशिकीय जीव की पूरी सतह पर्यावरण के संपर्क में रहती है। अतः इन्हें भोजन ग्रहण करने के लिए, गैसों का आदान-प्रदान करने के लिए या वर्ज्य पदार्थ के निष्कासन के लिए किसी विशेष अंग की आवश्यकता नहीं होती है, लेकिन जब जीव के शरीर का आकार बढ़ता है तथा शारीरिक अभिकल्प अधिक जटिल होता जाता है, तब क्या होता है? बहुकोशिकीय जीवों में सभी कोशिकाएँ अपने आस-पास के पर्यावरण के सीधे संपर्क में नहीं रह सकतीं। अतः साधारण विसरण सभी कोशिकाओं की आवश्यकताओं की पूर्ति नहीं कर सकता।

हम पहले भी देख चुके हैं कि बहुकोशिकीय जीवों में विभिन्न कार्यों को करने के लिए भिन्न-भिन्न अंग विशिष्टीकृत हो जाते हैं। हम इन विशिष्टीकृत ऊतकों से तथा जीव के शरीर में उनके संगठन से परिचित हैं। अतः इसमें कोई आश्चर्य नहीं है कि भोजन तथा ऑक्सीजन का अंतर्ग्रहण भी विशिष्टीकृत ऊतकों का कार्य है, परंतु इससे एक समस्या पैदा होती है। यद्यपि भोजन एवं ऑक्सीजन का अंतर्ग्रहण कुछ विशिष्ट अंगों द्वारा ही होता है, परंतु शरीर के सभी भागों को इनकी आवश्यकता होती है। इस स्थिति में भोजन एवं ऑक्सीजन को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने के लिए वहन-तंत्र की आवश्यकता होती है।

जब रासायनिक अभिक्रियाओं में कार्बन स्रोत तथा ऑक्सीजन का उपयोग ऊर्जा प्राप्ति के लिए होता है, तब ऐसे उपोत्पाद भी बनते हैं, जो शरीर की कोशिकाओं के लिए न केवल अनुपयोगी होते हैं, बल्कि वे हानिकारक भी हो सकते हैं। इन अपशिष्ट उपोत्पादों को शरीर से बाहर निकालना अति आवश्यक होता है। इस प्रक्रम को हम **उत्सर्जन** कहते हैं। यदि बहुकोशिकीय जीवों में शरीर अभिकल्पना के मूल नियमों का पालन किया जाता है तो उत्सर्जन के लिए विशिष्ट ऊतक विकसित हो जाएगा। इसका अर्थ है कि परिवहन तंत्र की आवश्यकता अपशिष्ट पदार्थों को कोशिका से इस उत्सर्जन ऊतक तक पहुँचाने की होगी।

आइए, हम जीवन का अनुरक्षण करने वाले आवश्यक प्रक्रमों के बारे में एक-एक करके विचार करते हैं।

प्रश्न

1. हमारे जैसे बहुकोशिकीय जीवों में ऑक्सीजन की आवश्यकता पूरी करने में विसरण क्यों अपर्याप्त है?
2. कोई वस्तु सजीव है, इसका निर्धारण करने के लिए हम किस मापदंड का उपयोग करेंगे?
3. किसी जीव द्वारा किन कच्ची सामग्रियों का उपयोग किया जाता है?
4. जीवन के अनुरक्षण के लिए आप किन प्रक्रमों को आवश्यक मानेंगे?

5.2 पोषण

जब हम टहलते हैं या साइकिल की सवारी करते हैं तो हम ऊर्जा का उपयोग करते हैं। उस स्थिति में भी जब हम कोई आभासी क्रियाकलाप नहीं कर रहे हैं, हमारे शरीर में क्रम की स्थिति के अनुरक्षण करने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। वृद्धि, विकास, प्रोटीन संश्लेषण आदि में हमें बाहर से भी पदार्थों की आवश्यकता होती है। यह ऊर्जा का स्रोत तथा पदार्थ जो हम खाते हैं वह भोजन है।

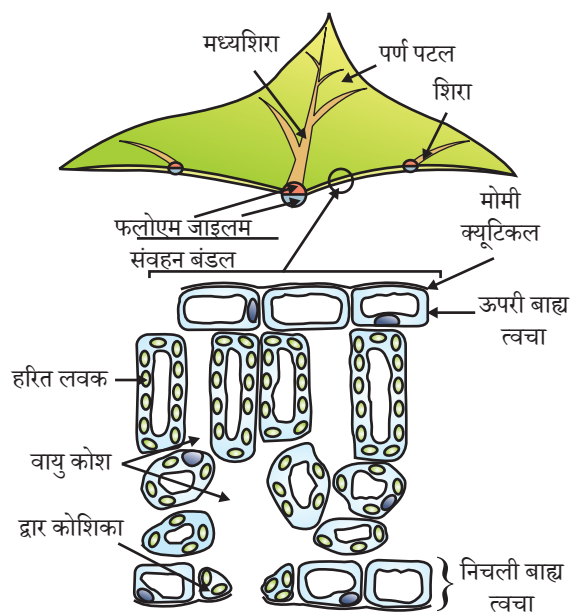
सजीव अपना भोजन कैसे प्राप्त करते हैं?

सभी जीवों में ऊर्जा तथा पदार्थ की सामान्य आवश्यकता समान है, लेकिन इसकी आपूर्ति भिन्न विधियों से होती है। कुछ जीव अकार्बनिक स्रोतों से कार्बन डाईऑक्साइड तथा जल के रूप में सरल पदार्थ प्राप्त करते हैं। ये जीव स्वपोषी हैं, जिनमें सभी हरे पौधे तथा कुछ जीवाणु हैं। अन्य जीव जटिल पदार्थों का उपयोग करते हैं। इन जटिल पदार्थों को सरल पदार्थों में खंडित करना अनिवार्य है ताकि ये जीव के समारक्षण तथा वृद्धि में प्रयुक्त हो सकें। इसे प्राप्त करने के लिए जीव जैव-उत्प्रेरक का उपयोग करते हैं, जिन्हें **एंजाइम** कहते हैं। अतः विषमपोषी उत्तरजीविता के लिए प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से स्वपोषी पर आश्रित होते हैं। जंतु तथा कवक इसी प्रकार के विषमपोषी जीवों में सम्मिलित हैं।

5.2.1 स्वपोषी पोषण

चित्र 5.1 एक पत्ती की अनुप्रस्थ काट

स्वपोषी जीव की कार्बन तथा ऊर्जा की आवश्यकताएँ प्रकाश संश्लेषण द्वारा पूरी होती हैं। यह वह प्रक्रम है, जिसमें स्वपोषी बाहर से लिए पदार्थों को ऊर्जा संचित रूप में परिवर्तित कर देता है। ये पदार्थ कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल के रूप में लिए जाते हैं, जो सूर्य के प्रकाश तथा क्लोरोफिल की उपस्थिति में कार्बोहाइड्रेट में परिवर्तित कर दिए जाते हैं। कार्बोहाइड्रेट पौधों को ऊर्जा प्रदान करने में प्रयुक्त होते हैं। अगले अनुभाग में हम अध्ययन करेंगे कि यह कैसे होता है। जो कार्बोहाइड्रेट तुरंत प्रयुक्त नहीं होते हैं, उन्हें मंड के रूप में संचित कर लिया जाता है। यह रक्षित आंतरिक ऊर्जा की तरह कार्य करेगा तथा पौधे द्वारा आवश्यकतानुसार प्रयुक्त कर लिया जाता है। कुछ इसी तरह की स्थिति हमारे अंदर भी देखी जाती है। हमारे द्वारा खाए गए भोजन से व्युत्पन्न ऊर्जा का कुछ भाग हमारे शरीर में ग्लाइकोजन के रूप में संचित हो जाता है।

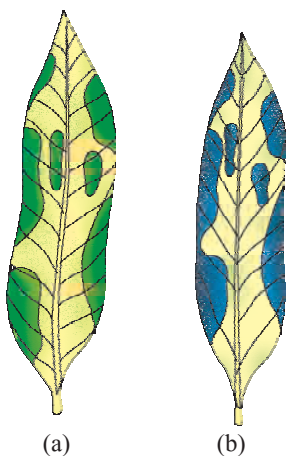
$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{सूर्य का प्रकाश}]{\text{क्लोरोफिल}} \underset{\text{(ग्लूकोज़)}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2 + 6H_2O$$

अब हम देखते हैं कि प्रकाश संश्लेषण प्रक्रम में वास्तव में क्या होता है? इस प्रक्रम के दौरान निम्नलिखित घटनाएँ होती हैं—

(i) क्लोरोफिल द्वारा प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करना।
(ii) प्रकाश ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में रूपांतरित करना तथा जल अणुओं का हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन में अपघटन।
(iii) कार्बन डाइऑक्साइड का कार्बोहाइड्रेट में अपचयन।

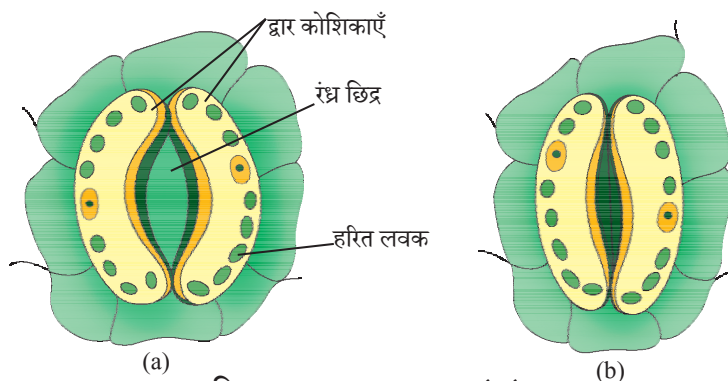
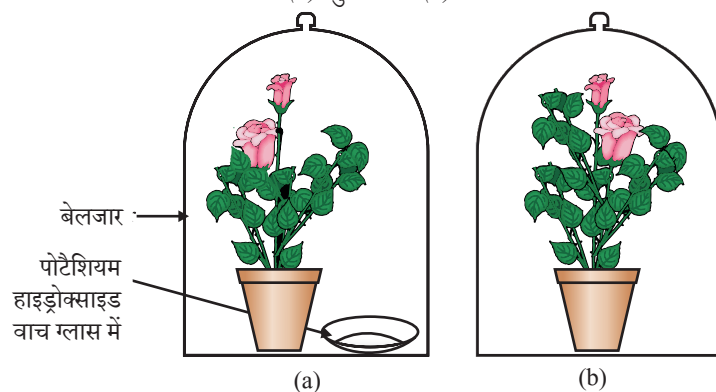
यह आवश्यक नहीं है कि ये चरण तत्काल एक के बाद दूसरा हो, उदाहरण के लिए— मरुद्भिद पौधे रात्रि में कार्बन डाइऑक्साइड लेते हैं और एक मध्यस्थ उत्पाद बनाते हैं। दिन में क्लोरोफिल ऊर्जा अवशोषित करके अंतिम उत्पाद बनाता है।

आइए, हम देखें कि उपरोक्त अभिक्रिया का प्रत्येक घटक प्रकाश संश्लेषण के लिए किस प्रकार आवश्यक है।

यदि आप ध्यानपूर्वक एक पत्ती की अनुप्रस्थ काट का सूक्ष्मदर्शी द्वारा अवलोकन करेंगे (चित्र 5.1) तो आप नोट करेंगे कि कुछ कोशिकाओं में हरे रंग के बिंदु दिखाई देते हैं। ये हरे बिंदु कोशिकांग हैं, जिन्हें **क्लोरोप्लास्ट** कहते हैं, इनमें क्लोरोफिल होता है। आइए, हम एक क्रियाकलाप करते हैं, जो दर्शाता है कि प्रकाश संश्लेषण के लिए क्लोरोफिल आवश्यक है।

(a) (b)

चित्र 5.2
शबलित पत्ती (a) मंड परीक्षण से पहले (b) मंड परीक्षण के बाद

क्रियाकलाप 5.1

- गमले में लगा एक शबलित पत्ती (उदाहरण के लिए— मनीप्लांट या क्रोटन का पौधा) वाला पौधा लीजिए।
- पौधे को तीन दिन अँधेरे कमरे में रखिए ताकि उसका संपूर्ण मंड प्रयुक्त हो जाए।
- अब पौधे को लगभग छः घंटे के लिए सूर्य के प्रकाश में रखिए।
- पौधे से एक पत्ती तोड़ लीजिए। इसमें हरे भाग को अंकित करिए तथा उन्हें एक कागज पर ट्रेस कर लीजिए।
- कुछ मिनट के लिए इस पत्ती को उबलते पानी में डाल दीजिए।
- इसके बाद इसे एल्कोहल से भरे बीकर में डुबा दीजिए।
- इस बीकर को सावधानी से जल ऊष्मक में रखकर तब तक गर्म करिए, जब तक एल्कोहल उबलने न लगे।
- पत्ती के रंग का क्या होता है? विलयन का रंग कैसा हो जाता है?
- अब कुछ मिनट के लिए इस पत्ती को आयोडीन के तनु विलयन में डाल दीजिए।
- पत्ती को बाहर निकालकर उसके आयोडीन को धो डालिए।
- पत्ती के रंग (चित्र 5.2) का अवलोकन कीजिए और प्रारंभ में पत्ती का जो ट्रेस किया था उससे इसकी तुलना कीजिए।
- पत्ती के विभिन्न भागों में मंड की उपस्थिति के बारे में आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

चित्र 5.3 *(a) खुला तथा (b) बंद रंध्र*

चित्र 5.4 *प्रायोगिक व्यवस्था (a) पोटैशियम हाइड्रोक्साइड के साथ (b) पोटैशियम हाइड्रोक्साइड के बिना*

अब हम अध्ययन करते हैं कि पौधे कार्बन डाइऑक्साइड कैसे प्राप्त करते हैं। कक्षा 9 में हमने रंध्र (चित्र 5.3) की चर्चा की थी, जो पत्ती की सतह पर सूक्ष्म छिद्र होते हैं। प्रकाश संश्लेषण के लिए गैसों का अधिकांश आदान-प्रदान इन्हीं छिद्रों के द्वारा होता है, लेकिन यहाँ यह जानना भी आवश्यक है कि गैसों का आदान-प्रदान तने, जड़ और पत्तियों की सतह से भी होता है। इन रंध्रों से पर्याप्त मात्रा में जल की भी हानि होती है। अतः जब प्रकाश संश्लेषण के लिए कार्बन डाइऑक्साइड की आवश्यकता नहीं होती तब पौधा इन छिद्रों को बंद कर लेता है। छिद्रों का खुलना और बंद होना द्वार कोशिकाओं का एक कार्य है। द्वार कोशिकाओं में जब जल अंदर जाता है तो वे फूल जाती हैं और रंध्र का छिद्र खुल जाता है। इसी तरह जब द्वार कोशिकाएँ सिकुड़ती हैं तो छिद्र बंद हो जाता है।

क्रियाकलाप 5.2

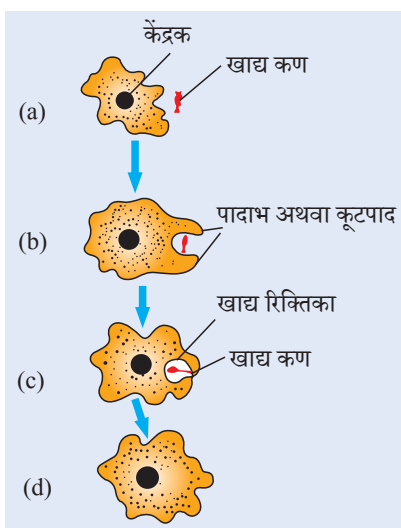
- लगभग समान आकार के गमले में लगे दो पौधे लीजिए।
- तीन दिन तक उन्हें अँधेरे कमरे में रखिए।
- अब प्रत्येक पौधे को अलग-अलग काँच-पट्टिका पर रखिए। एक पौधे के पास वाच ग्लास में पोटैशियम हाइड्रोक्साइड रखिए। पोटैशियम हाइड्रोक्साइड का उपयोग कार्बन डाइऑक्साइड को अवशोषित करने के लिए किया जाता है।
- चित्र 5.4 के अनुसार दोनों पौधों को अलग-अलग बेलजार से ढक दीजिए।
- जार के तले को सील करने के लिए काँच-पट्टिका पर वैसलीन लगा देते हैं, इससे प्रयोग वायुरोधी हो जाता है।
- लगभग दो घंटों के लिए पौधों को सूर्य के प्रकाश में रखिए।
- प्रत्येक पौधे से एक पत्ती तोड़िए तथा उपरोक्त क्रियाकलाप की तरह उसमें मंड की उपस्थिति की जाँच कीजिए।
- क्या दोनों पत्तियाँ समान मात्रा में मंड की उपस्थिति दर्शाती हैं?
- इस क्रियाकलाप से आप क्या निष्कर्ष निकालते हो?

उपरोक्त दो क्रियाकलापों के आधार पर क्या हम ऐसा प्रयोग कर सकते हैं, जिससे प्रदर्शित हो सके कि प्रकाश संश्लेषण के लिए सूर्य के प्रकाश की आवश्यकता होती है?

अब तक हम यह चर्चा कर चुके हैं कि स्वपोषी अपनी ऊर्जा आवश्यकता की पूर्ति कैसे करते हैं, लेकिन उन्हें भी अपने शरीर के निर्माण के लिए अन्य कच्ची सामग्री की आवश्यकता होती है। स्थलीय पौधे प्रकाश संश्लेषण के लिए आवश्यक जल की पूर्ति जड़ों द्वारा मिट्टी में उपस्थित जल के अवशोषण से करते हैं। नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, लोहा तथा मैग्नीशियम सरीखे अन्य पदार्थ भी मिट्टी से लिए जाते हैं। नाइट्रोजन एक आवश्यक तत्व है, जिसका उपयोग प्रोटीन तथा अन्य यौगिकों के संश्लेषण में किया जाता है। इसे अकार्बनिक नाइट्रेट का नाइट्राइट के रूप में लिया जाता है। इन्हें उन कार्बनिक पदार्थों के रूप में लिया जाता है, जिन्हें जीवाणु वायुमंडलीय नाइट्रोजन से बनाते हैं।

5.2.2 विषमपोषी पोषण

प्रत्येक जीव अपने पर्यावरण के लिए अनुकूलित है। भोजन के स्वरूप एवं उपलब्धता के आधार पर पोषण की विधि विभिन्न प्रकार की हो सकती है। इसके अतिरिक्त यह जीव के भोजन ग्रहण करने के ढंग पर भी निर्भर करती है, उदाहरण के लिए— यदि भोजन स्रोत अचल (जैसे कि घास) है या गतिशील जैसे कि हिरण है। दोनों प्रकार के भोजन का अभिगम का तरीका भिन्न-भिन्न है तथा गाय व शेर किस पोषक उपकरण का उपयोग करते हैं। जीवों द्वारा भोजन ग्रहण करने और उसके उपयोग की अनेक युक्तियाँ हैं। कुछ जीव भोज्य पदार्थों का विघटन शरीर के बाहर ही कर देते हैं और तब उसका अवशोषण करते हैं। फफूँदी, यीस्ट तथा मशरूम आदि कवक इसके उदाहरण हैं। अन्य जीव संपूर्ण भोज्य पदार्थ का अंतर्ग्रहण करते हैं तथा उनका पाचन शरीर के अंदर होता है।

2024-25

जीव द्वारा किस भोजन का अंतर्ग्रहण किया जाए तथा उसके पाचन की विधि उसके शरीर की अभिकल्पना तथा कार्यशैली पर निर्भर करती है। घास, फल, कीट, मछली या मृत खरगोश खाने वाले जंतुओं के अंतर के बारे में आप क्या सोचते हैं? कुछ अन्य जीव, पौधों और जंतुओं को बिना मारे उनसे पोषण प्राप्त करते हैं। यह पोषण युक्ति अमरबेल, किलनी, जूँ, लीच और फीताकृमि सरीखे बहुत से जीवों द्वारा प्रयुक्त होती है।

चित्र 5.5 अमीबा में पोषण

5.2.3 जीव अपना पोषण कैसे करते हैं?

क्योंकि भोजन और उसके अंतर्ग्रहण की विधि भिन्न है। अतः विभिन्न जीवों में पाचन तंत्र भी भिन्न है। एककोशिकीय जीवों में भोजन संपूर्ण सतह से लिया जा सकता है, लेकिन जीव की जटिलता बढ़ने के साथ-साथ विभिन्न कार्य करने वाले अंग विशिष्ट हो जाते हैं, उदाहरण के लिए— अमीबा कोशिकीय सतह से अँगुली जैसे अस्थायी प्रवर्ध की मदद से भोजन ग्रहण करता है। यह प्रवर्ध भोजन के कणों को घेर लेते हैं तथा संगलित होकर खाद्य रिक्तिका (चित्र 5.5) बनाते हैं। खाद्य रिक्तिका के अंदर जटिल पदार्थों का विघटन सरल पदार्थों में किया जाता है और वे कोशिकाद्रव्य में विसरित हो जाते हैं। बचा हुआ अपच पदार्थ कोशिका की सतह की ओर गति करता है तथा शरीर से बाहर निष्कासित कर दिया जाता है। पैरामीशियम भी एककोशिकीय जीव है, इसकी कोशिका का एक निश्चित आकार होता है तथा भोजन एक विशिष्ट स्थान से ही ग्रहण किया जाता है। भोजन इस स्थान तक पक्ष्याभ की गति द्वारा पहुँचता है, जो कोशिका की पूरी सतह को ढके होते हैं।

5.2.4 मनुष्य में पोषण

आहार नाल मूल रूप से मुँह से गुदा तक विस्तारित एक लंबी नली है। चित्र 5.6 में हम इस नली के विभिन्न भागों को देख सकते हैं। जो भोजन हमारे शरीर में एक बार प्रविष्ट हो जाता है, उसका क्या होता है? हम यहाँ इस प्रक्रम की चर्चा करते हैं।

क्रियाकलाप 5.2

- 1 mL मंड का घोल (1%) दो परखनलियों 'A' तथा 'B' में लीजिए।
- परखनली 'A' में 1 mL लार डालिए तथा दोनों परखनलियों को 20–30 मिनट तक शांत छोड़ दीजिए।
- अब प्रत्येक परखनली में कुछ बूँद तनु आयोडीन घोल की डालिए।
- किस परखनली में आपको रंग में परिवर्तन दिखाई दे रहा है?
- दोनों परखनलियों में मंड की उपस्थिति के बारे में यह क्या इंगित करता है?
- यह लार की मंड पर क्रिया के बारे में क्या दर्शाता है?

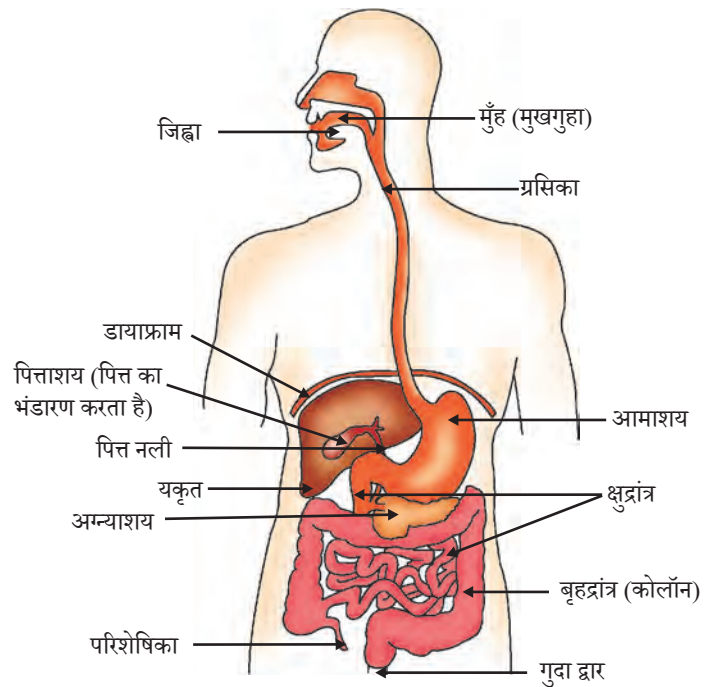
हम तरह-तरह के भोजन खाते हैं, जिन्हें उसी भोजन नली से गुजरना होता है। प्राकृतिक रूप से भोजन को एक प्रक्रम से गुजरना होता है, जिससे वह उसी प्रकार के छोटे-छोटे कणों में बदल जाता है। इसे हम दाँतों से चबाकर पूरा कर लेते हैं, क्योंकि आहार का आस्तर बहुत कोमल होता है। अतः भोजन को गीला किया जाता है ताकि इसका मार्ग आसान हो जाए। जब हम अपनी पसंद का कोई पदार्थ खाते हैं तो हमारे मुँह में पानी आ जाता है। यह वास्तव में केवल जल नहीं है, यह लाला ग्रंथि से निकलने वाला एक रस है, जिसे **लालारस** या **लार** कहते हैं। जिस भोजन को हम खाते हैं, उसका दूसरा पहलू, उसकी जटिल रचना है। यदि इसका अवशोषण आहार नाल द्वारा करना है तो इसे छोटे अणुओं में खंडित करना होगा। यह काम जैव-उत्प्रेरक द्वारा किया जाता है, जिन्हें हम **एंजाइम** कहते हैं। लार में भी एक एंजाइम होता है, जिसे लार एमिलेस कहते हैं। यह मंड जटिल अणु को सरल शर्करा में खंडित कर देता है। भोजन को चबाने के दौरान पेशीय जिह्वा भोजन को लार के साथ पूरी तरह मिला देती है।

चित्र 5.6 *मानव पाचन तंत्र*

आहार नली के हर भाग में भोजन की नियमित रूप से गति उसके सही ढंग से प्रक्रमित होने के लिए आवश्यक है। यह क्रमाकुंचक गति पूरी भोजन नली में होती है।

मुँह से आमाशय तक भोजन ग्रसिका या इसोफेगस द्वारा ले जाया जाता है। आमाशय एक बृहत अंग है, जो भोजन के आने पर फैल जाता है। आमाशय की पेशीय भित्ति भोजन को अन्य पाचक रसों के साथ मिश्रित करने में सहायक होती है।

ये पाचन कार्य आमाशय की भित्ति में उपस्थित जठर ग्रंथियों के द्वारा संपन्न होते हैं। ये हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, एक प्रोटीन पाचक एंजाइम पेप्सिन तथा श्लेष्मा का स्रावण करते हैं। हाइड्रोक्लोरिक अम्ल एक अम्लीय माध्यम तैयार करता है, जो पेप्सिन एंजाइम की क्रिया में सहायक होता है। आपके विचार में अम्ल और कौन सा कार्य करता है? सामान्य परिस्थितियों में श्लेष्मा आमाशय के आंतरिक आस्तर की अम्ल से रक्षा करता है। हमने बहुधा वयस्कों को 'एसिडिटी अथवा अम्लता' की शिकायत करते सुना है। क्या इसका संबंध उपरोक्त वर्णित विषय से तो नहीं है?

आमाशय से भोजन अब क्षुद्रांत्र में प्रवेश करता है। यह अवरोधिनी पेशी द्वारा नियंत्रित होता है। क्षुद्रांत्र आहारनाल का सबसे लंबा भाग है, अत्यधिक कुंडलित होने के कारण यह संहत स्थान में अवस्थित होती है। विभिन्न जंतुओं में क्षुद्रांत्र की लंबाई उनके भोजन के प्रकार के अनुसार अलग-अलग होती है। घास खाने वाले शाकाहारी का सेल्युलोज़ पचाने के लिए लंबी क्षुद्रांत्र की आवश्यकता होती है। मांस का पाचन सरल है। अतः बाघ जैसे मांसाहारी की क्षुद्रांत्र छोटी होती है।

क्षुद्रांत्र कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन तथा वसा के पूर्ण पाचन का स्थल है। इस कार्य के लिए यह यकृत तथा अग्न्याशय से स्रावण प्राप्त करती है। आमाशय से आने वाला भोजन अम्लीय है और अग्न्याशयिक एंजाइमों की क्रिया के लिए उसे क्षारीय बनाया जाता है। यकृत से स्रावित पित्तरस इस कार्य को करता है, यह कार्य वसा पर क्रिया करने के अतिरिक्त है। क्षुद्रांत्र में वसा बड़ी गोलिकाओं के रूप में होता है, जिससे उस पर एंजाइम का कार्य करना मुश्किल हो जाता है। पित्त लवण उन्हें छोटी गोलिकाओं में खंडित कर देता है, जिससे एंजाइम की क्रियाशीलता बढ़ जाती है। यह साबुन का मैल पर इमल्सीकरण की तरह ही है, जिसके विषय में हम अध्याय 4 में पढ़ चुके हैं। अग्न्याशय अग्न्याशयिक रस का स्रावण करता है जिसमें प्रोटीन के पाचन के लिए ट्रिप्सिन एंजाइम होता है तथा इमल्सीकृत वसा का पाचन करने के लिए लाइपेज एंजाइम होता है। क्षुद्रांत्र की भित्ति में ग्रंथि होती है, जो आंत्र रस स्रावित करती है। इसमें उपस्थित एंजाइम अंत में प्रोटीन को अमीनो अम्ल, जटिल कार्बोहाइड्रेट को ग्लूकोज़ में तथा वसा को वसा अम्ल तथा ग्लिसरॉल में परिवर्तित कर देते हैं।

पाचित भोजन को आंत्र की भित्ति अवशोषित कर लेती है। क्षुद्रांत्र के आंतरिक आस्तर पर अनेक अँगुली जैसे प्रवर्ध होते हैं, जिन्हें दीर्घरोम कहते हैं। ये अवशोषण का सतही क्षेत्रफल बढ़ा देते हैं। दीर्घरोम में रुधिर वाहिकाओं की बहुतायत होती है, जो भोजन को अवशोषित करके शरीर की प्रत्येक कोशिका तक पहुँचाते हैं। यहाँ इसका उपयोग ऊर्जा प्राप्त करने, नए ऊतकों के निर्माण और पुराने ऊतकों की मरम्मत में होता है।

बिना पचा भोजन बृहदांत्र में भेज दिया जाता है, जहाँ दीर्घरोम इस पदार्थ में से जल का अवशोषण कर लेते हैं। अन्य पदार्थ गुदा द्वारा शरीर के बाहर कर दिया जाता है। इस वर्ज्य पदार्थ का बहिःक्षेपण गुदा अवरोधिनी द्वारा नियंत्रित किया जाता है।

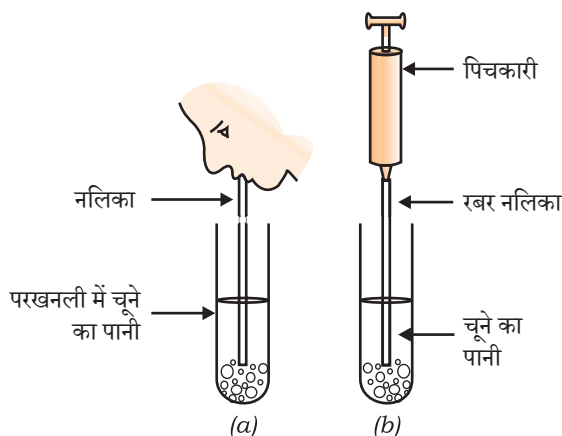
क्या आप जानते हैं?

दंतक्षरण

दंतक्षरण या दंतक्षय इनैमल तथा डेंटीन के शनैः-शनैः मृदुकरण के कारण होता है। इसका प्रारंभ होता है, जब जीवाणु शर्करा पर क्रिया करके अम्ल बनाते हैं। तब इनैमल मृदु या बिखनिजीकृत हो जाता है। अनेक जीवाणु कोशिका खाद्यकणों के साथ मिलकर दाँतों पर चिपक कर दंतप्लाक बना देते हैं, प्लाक दाँत को ढक लेता है। इसलिए, लार अम्ल को उदासीन करने के लिए दंत सतह तक नहीं पहुँच पाती है। इससे पहले कि जीवाणु अम्ल पैदा करे भोजनोपरांत दाँतों में ब्रश करने से प्लाक हट सकता है। यदि अनुपचारित रहता है तो सूक्ष्मजीव मज्जा में प्रवेश कर सकते हैं तथा जलन व संक्रमण कर सकते हैं।

प्रश्न

1. स्वयंपोषी पोषण तथा विषमपोषी पोषण में क्या अंतर है?
2. प्रकाश संश्लेषण के लिए आवश्यक कच्ची सामग्री पौधा कहाँ से प्राप्त करता है?
3. हमारे आमाशय में अम्ल की भूमिका क्या है?
4. पाचक एंजाइमों का क्या कार्य है?
5. पचे हुए भोजन को अवशोषित करने के लिए क्षुद्रांत्र को कैसे अभिकल्पित किया गया है?

5.3 श्वसन

चित्र 5.7

(a) चूने के पानी में निःश्वास द्वारा वायु प्रवाहित हो रही है।

(b) चूने के पानी में पिचकारी/सिरिंज द्वारा वायु प्रवाहित की जा रही है।

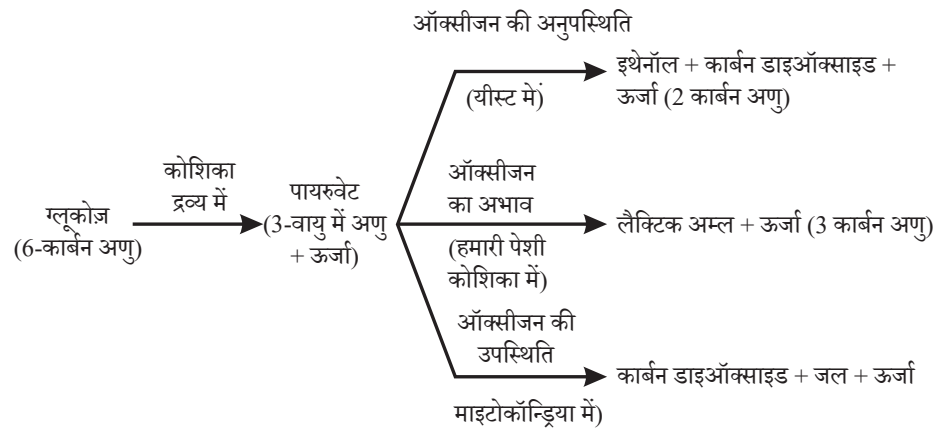
क्रियाकलाप 5.4

- एक परखनली में ताज़ा तैयार किया हुआ चूने का पानी लीजिए।
- इस चूने के पानी में निःश्वास द्वारा निकली वायु प्रवाहित कीजिए। [चित्र 5.7 (a)]
- नोट कीजिए कि चूने के पानी को दूधिया होने में कितना समय लगता है।
- एक सिरिंज या पिचकारी द्वारा दूसरी परखनली में ताज़ा चूने का पानी लेकर वायु प्रवाहित करते हैं [चित्र 5.7 (b)]।
- नोट कीजिए कि इस बार चूने के पानी को दूधिया होने में कितना समय लगता है।
- निःश्वास द्वारा निकली वायु में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा के बारे में यह हमें क्या दर्शाता है?

क्रियाकलाप 5.5

- किसी फल का रस या चीनी का घोल लेकर उसमें कुछ यीस्ट डालिए। एक छिद्र वाली कॉर्क लगी परखनली में इस मिश्रण को ले जाइए।
- कॉर्क में मुड़ी हुई काँच की नली लगाइए। काँच की नली के स्वतंत्र सिरे को ताजा तैयार चूने के पानी वाली परखनली में ले जाइए।
- चूने के पानी में होने वाले परिवर्तन को तथा इस परिवर्तन में लगने वाले समय के अवलोकन को नोट कीजिए।
- किण्वन के उत्पाद के बारे में यह हमें क्या दर्शाता है?

पिछले अनुभाग में हम जीवों में पोषण पर चर्चा कर चुके हैं। जिन खाद्य पदार्थों का अंतर्ग्रहण पोषण प्रक्रम के लिए होता है कोशिकाएँ उनका उपयोग विभिन्न जैव प्रक्रम के लिए ऊर्जा प्रदान करने के लिए करती हैं। विविध जीव इसे भिन्न विधियों द्वारा करते हैं— कुछ जीव ऑक्सीजन का उपभोग, ग्लूकोज़ को पूर्णतः कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल में, विखंडित करने के लिए करते हैं, जबकि कुछ अन्य जीव दूसरे पथ (चित्र 5.8) का उपयोग करते हैं, जिसमें ऑक्सीजन प्रयुक्त नहीं होती है। इन सभी अवस्थाओं में पहला चरण ग्लूकोज़, एक छः कार्बन वाले अणु का तीन कार्बन वाले अणु पायरुवेट में विखंडन है। यह प्रक्रम कोशिकाद्रव्य में होता है। इसके पश्चात पायरुवेट इथेनॉल तथा कार्बन डाइऑक्साइड में परिवर्तित हो सकता है। यह प्रक्रम किण्वन के समय यीस्ट में होता है, क्योंकि यह प्रक्रम वायु (ऑक्सीजन) की अनुपस्थिति में होता है, इसे अवायवीय श्वसन कहते हैं। पायरुवेट का विखंडन ऑक्सीजन का उपयोग करके माइटोकॉन्ड्रिया में होता है। यह प्रक्रम तीन कार्बन वाले पायरुवेट के अणु को विखंडित करके तीन कार्बन डाइऑक्साइड के अणु देता है। दूसरा उत्पाद जल है, क्योंकि यह प्रक्रम वायु (ऑक्सीजन)

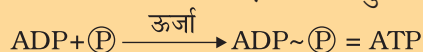
की उपस्थिति में होता है, यह वायवीय श्वसन कहलाता है। वायवीय श्वसन में ऊर्जा का मोचन अवायवीय श्वसन की अपेक्षा बहुत अधिक होता है। कभी-कभी जब हमारी पेशी कोशिकाओं में ऑक्सीजन का अभाव हो जाता है, पायरुवेट के विखंडन के लिए दूसरा पथ अपनाया जाता है, यहाँ पायरुवेट एक अन्य तीन कार्बन वाले अणु लैक्टिक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है। अचानक किसी क्रिया के होने से हमारी पेशियों में लैक्टिक अम्ल का निर्माण होना क्रैम्प का कारण हो सकता है।

चित्र 5.8 *भिन्न पथों द्वारा ग्लूकोज़ का विखंडन*

कोशिकीय श्वसन द्वारा मोचित ऊर्जा तत्काल ही ए.टी.पी. (ATP) नामक अणु के संश्लेषण में प्रयुक्त हो जाती है जो कोशिका की अन्य क्रियाओं के लिए ईंधन की तरह प्रयुक्त होता है। ए.टी. पी. के विखंडन से एक निश्चित मात्रा में ऊर्जा मोचित होती है जो कोशिका के अंदर होने वाली आंतरोष्मि (endothermic) क्रियाओं का परिचालन करती है।

यह भी जानिए!

ए.टी.पी.

अधिकांश कोशिकीय प्रक्रमों के लिए ए.टी.पी ऊर्जा मुद्रा है। श्वसन प्रक्रम में मोचित ऊर्जा का उपयोग ए.डी.पी. (ADP) तथा अकार्बनिक फॉस्फेट से ए.टी.पी. अणु बनाने में किया जाता है।

$$\text{ADP}+\text{Ⓟ} \xrightarrow{\text{ऊर्जा}} \text{ADP}\sim\text{Ⓟ} = \text{ATP}$$

Ⓟ : फॉस्फेट

आंतरोष्मि प्रक्रम कोशिका के अंदर तब इसी ए.टी.पी. का उपयोग क्रियाओं के परिचालन में करते हैं। जल का उपयोग करने के बाद ए.टी.पी. में जब अंतस्थ फॉस्फेट सहलग्नता खंडित होती है तो 30.5 kJ/mol के तुल्य ऊर्जा मोचित होती है।

सोचिए कैसे एक बैटरी विभिन्न प्रकार के उपयोग के लिए ऊर्जा प्रदान करती है। यह यांत्रिक ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा और इसी प्रकार अन्य के लिए उपयोग में लाई जाती है। इसी तरह कोशिका में ए.टी.पी. का उपयोग पेशियों के सिकुड़ने, प्रोटीन संश्लेषण, तंत्रिका आवेग का संचरण आदि अनेक क्रियाओं के लिए किया जा सकता है।

क्योंकि वायवीय श्वसन पथ ऑक्सीजन पर निर्भर करता है, अतः वायवीय जीवों को यह सुनिश्चित करने की आवश्यकता है कि पर्याप्त मात्रा में ऑक्सीजन ग्रहण की जा रही है। हम देख चुके हैं कि पौधे गैसों का आदान-प्रदान रंध्र के द्वारा करते हैं और अंतर्कोशिकीय अवकाश यह सुनिश्चित करते हैं कि सभी कोशिकाएँ वायु के संपर्क में हैं। यहाँ कार्बन डाइऑक्साइड तथा ऑक्सीजन का आदान-प्रदान विसरण द्वारा होता है। ये कोशिकाओं में या उससे दूर बाहर वायु में जा सकती हैं। विसरण की दिशा पर्यावरणीय अवस्थाओं तथा पौधे की आवश्यकता पर निर्भर करती है। रात्रि में, जब कोई प्रकाश संश्लेषण की क्रिया नहीं हो रही है, कार्बन डाइऑक्साइड का निष्कासन ही मुख्य आदान-प्रदान क्रिया है। दिन में, श्वसन के दौरान निकली CO_2 प्रकाश संश्लेषण में प्रयुक्त हो जाती है अतः कोई CO_2 नहीं निकलती है। इस समय ऑक्सीजन का निकलना मुख्य घटना है।

जंतुओं में पर्यावरण से ऑक्सीजन लेने और उत्पादित कार्बन डाइऑक्साइड से छुटकारा पाने के लिए भिन्न प्रकार के अंगों का विकास हुआ। स्थलीय जंतु वायुमंडलीय ऑक्सीजन लेते हैं, परंतु जो जंतु जल में रहते हैं, उन्हें जल में विलेय ऑक्सीजन ही उपयोग करने की आवश्यकता है।

क्रियाकलाप 5.6

- एक जलशाला में मछली का अवलोकन कीजिए। वे अपना मुँह खोलती और बंद करती रहती हैं। साथ ही आँखों के पीछे क्लोमछिद्र (या क्लोमछिद्र को ढकने वाला प्रच्छद) भी खुलता और बंद होता रहता है। क्या मुँह और क्लोमछिद्र के खुलने और बंद होने के समय में किसी प्रकार का समन्वय है?
- गिनती करो कि मछली एक मिनट में कितनी बार मुँह खोलती और बंद करती है।
- इसकी तुलना आप अपनी श्वास को एक मिनट में अंदर और बाहर करने से कीजिए।

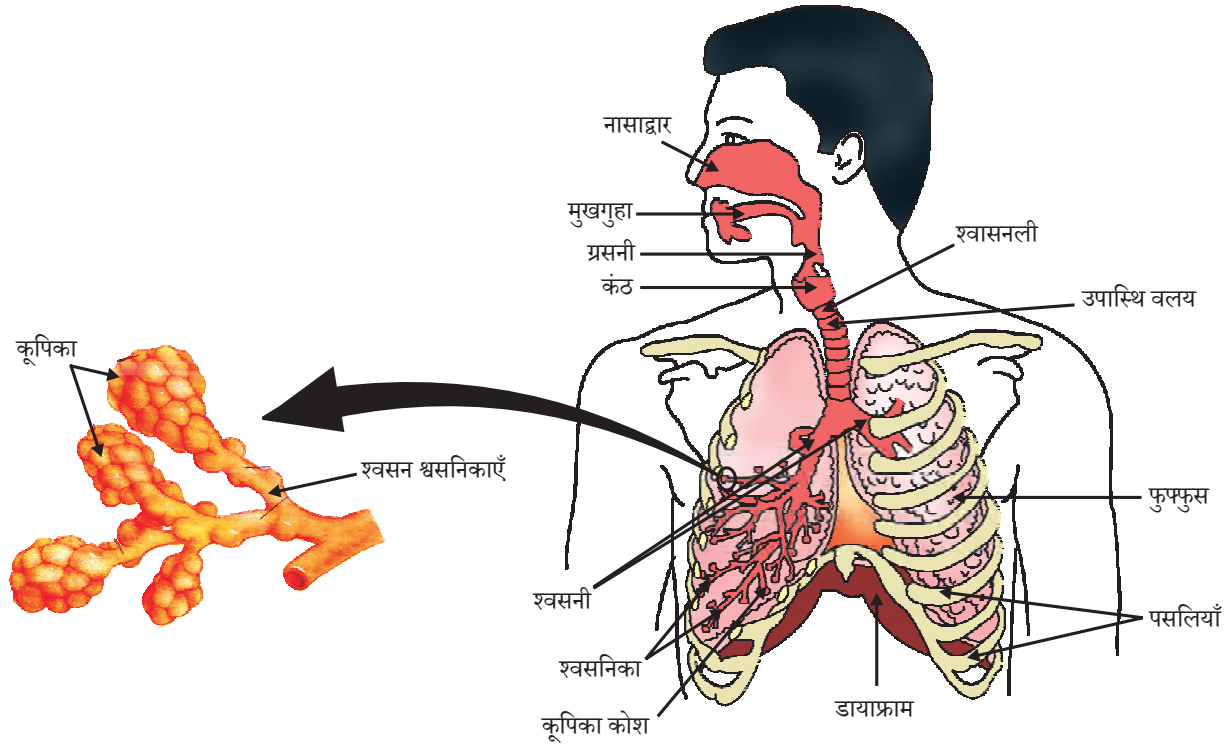
जो जीव जल में रहते हैं, वे जल में विलेय ऑक्सीजन का उपयोग करते हैं, क्योंकि जल में विलेय ऑक्सीजन की मात्रा वायु में ऑक्सीजन की मात्रा की तुलना में बहुत कम है, इसलिए जलीय जीवों की श्वास दर स्थलीय जीवों की अपेक्षा द्रुत होती है। मछली अपने मुँह के द्वारा जल लेती है तथा बलपूर्वक इसे क्लोम तक पहुँचाती है, जहाँ विलेय ऑक्सीजन रुधिर ले लेता है।

स्थलीय जीव श्वसन के लिए वायुमंडल की ऑक्सीजन का उपयोग करते हैं। विभिन्न जीवों में यह ऑक्सीजन भिन्न-भिन्न अंगों द्वारा अवशोषित की जाती है। इन सभी अंगों में एक रचना होती है, जो उस सतही क्षेत्रफल को बढ़ाती है, जो ऑक्सीजन बाहुल्य वायुमंडल के संपर्क में रहता है।

क्योंकि ऑक्सीजन व कार्बन डाइऑक्साइड का विनिमय इस सतह के आर-पार होता है, अतः यह सतह बहुत पतली तथा मुलायम होती है। इस सतह की रक्षा के उद्देश्य से यह शरीर के अंदर अवस्थित होती है। अतः इस क्षेत्र में वायु आने के लिए कोई रास्ता होना चाहिए। इसके अतिरिक्त जहाँ ऑक्सीजन अवशोषित होती है, उस क्षेत्र में वायु अंदर और बाहर होने के लिए एक क्रियाविधि होती है।

और अधिक जानें

तंबाकू का सीधे उपयोग या सिगार, सिगरेट, बीड़ी, हुक्का, गुटका आदि के रूप में किसी भी उत्पाद का उपयोग हानिकारक है। तंबाकू का उपयोग आमतौर पर जीभ, फेफड़ों, दिल और यकृत को प्रभावित करता है। धुआँ रहित तंबाकू भी दिल के दौरे, स्ट्रोक, फुफ्फुसीय बीमारियों और कैंसर के कई अन्य रूपों के लिए एक प्रमुख कारक है। भारत में गुटका सेवन से मुख के कैंसर की घटनाएँ बढ़ रही हैं। स्वस्थ रहें और तंबाकू से बने उत्पादों को न कहें!

मनुष्य में (चित्र 5.9), वायु शरीर के अंदर नासाद्वार द्वारा जाती है। नासाद्वार द्वारा जाने वाली वायु मार्ग में उपस्थित महीन बालों द्वारा निस्पंदित हो जाती है, जिससे शरीर में जाने वाली वायु धूल तथा दूसरी अशुद्धियाँ रहित होती है। इस मार्ग में श्लेष्मा की परत होती है, जो इस प्रक्रम में सहायक होती है। यहाँ से वायु कंठ द्वारा फुफ्फुस में प्रवाहित होती है। कंठ में उपास्थि के वलय उपस्थित होते हैं। यह सुनिश्चित करता है कि वायु मार्ग निपतित न हो।

चित्र 5.9 मानव श्वसन तंत्र

धूम्रपान स्वास्थ्य के लिए हानिकारक है

फेफड़े का कैंसर दुनिया में मौत के सामान्य कारणों में से एक है। श्वासनली के ऊपरी हिस्से में छोटी-छोटी बालों जैसी संरचनाएँ होती हैं, जिन्हें सिलिया कहते हैं। ये सिलिया साँस लेते वक्त अंदर ली जाने वाली वायु से रोगाणु, धूल और अन्य हानिकारक कणों को हटाने में मदद करती हैं। धूम्रपान करने से ये बालों जैसी संरचनाएँ नष्ट हो जाती हैं, जिससे रोगाणु, धूल, धुआँ और अन्य हानिकारक रसायन फेफड़ों में प्रवेश कर जाते हैं, जो संक्रमण, खाँसी और यहाँ तक कि फेफड़ों के कैंसर का भी कारण बनते हैं।

फुफ्फुस के अंदर मार्ग छोटी और छोटी नलिकाओं में विभाजित हो जाता है, जो अंत में गुब्बारे जैसी रचना में अंतकृत हो जाता है, जिसे कूपिका कहते हैं। कूपिका एक सतह उपलब्ध कराती है, जिससे गैसों का विनिमय हो सकता है। कूपिकाओं की भित्ति में रुधिर वाहिकाओं का विस्तीर्ण जाल होता है। जैसा हम प्रारंभिक वर्षों में देख चुके हैं, जब हम श्वास अंदर लेते हैं, हमारी पसलियाँ ऊपर उठती हैं और हमारा डायाफ्राम चपटा हो जाता है, इसके परिणामस्वरूप वक्षगुहिका बड़ी हो जाती है। इस कारण वायु फुफ्फुस के अंदर चूस ली जाती है और विस्तृत कूपिकाओं को भर लेती है। रुधिर शेष शरीर से कार्बन डाइऑक्साइड कूपिकाओं में छोड़ने के लिए लाता है। कूपिका रुधिर वाहिका का रुधिर कूपिका वायु से ऑक्सीजन लेकर शरीर की सभी कोशिकाओं तक पहुँचाता है। श्वास चक्र के समय जब वायु अंदर और बाहर होती है, फुफ्फुस सदैव वायु का अवशिष्ट आयतन रखते हैं, जिससे ऑक्सीजन के अवशोषण तथा कार्बन डाइऑक्साइड के मोचन के लिए पर्याप्त समय मिल जाता है।

जैसे-जैसे जंतुओं के शरीर का आकार बढ़ता है, अकेला विसरण दाब शरीर के सभी अंगों में ऑक्सीजन पहुँचाने के लिए अपर्याप्त है, उसकी दक्षता कम हो जाती है। फुफ्फुस की वायु से श्वसन वर्णक ऑक्सीजन लेकर, उन ऊतकों तक पहुँचाते हैं, जिनमें ऑक्सीजन की कमी है। मानव में श्वसन वर्णक हीमोग्लोबिन है, जो ऑक्सीजन के लिए उच्च बंधुता रखता है। यह वर्णक लाल रुधिर कणिकाओं में उपस्थित होता है। कार्बन डाइऑक्साइड जल में अधिक विलेय है और इसलिए इसका परिवहन हमारे रुधिर में विलेय अवस्था में होता है।

क्या आप जानते हैं?

- यदि कूपिकाओं की सतह को फैला दिया जाए तो यह लगभग 80 वर्ग मीटर क्षेत्र ढक लेगी। क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि आपके अपने शरीर का सतही क्षेत्रफल कितना होगा? विचार कीजिए कि विनिमय के लिए विस्तृत सतह उपलब्ध होने पर गैसों का विनिमय कितना दक्ष हो जाता है।
- यदि हमारे शरीर में विसरण द्वारा ऑक्सीजन गति करती तो हमारे फुफ्फुस से ऑक्सीजन के एक अणु को पैर के अंगुष्ठ तक पहुँचने में अनुमानतः 3 वर्ष का समय लगेगा। क्या आपको इससे प्रसन्नता नहीं हुई कि हमारे पास हीमोग्लोबिन है।

प्रश्न

1. श्वसन के लिए ऑक्सीजन प्राप्त करने की दिशा में एक जलीय जीव की अपेक्षा स्थलीय जीव किस प्रकार लाभप्रद है?
2. ग्लूकोज़ के ऑक्सीकरण से भिन्न जीवों में ऊर्जा प्राप्त करने के विभिन्न पथ क्या हैं?
3. मनुष्यों में ऑक्सीजन तथा कार्बन डाइऑक्साइड का परिवहन कैसे होता है?
4. गैसों के विनिमय के लिए मानव-फुफ्फुस में अधिकतम क्षेत्रफल को कैसे अभिकल्पित किया है?

5.4 वहन

5.4.1 मानव में वहन

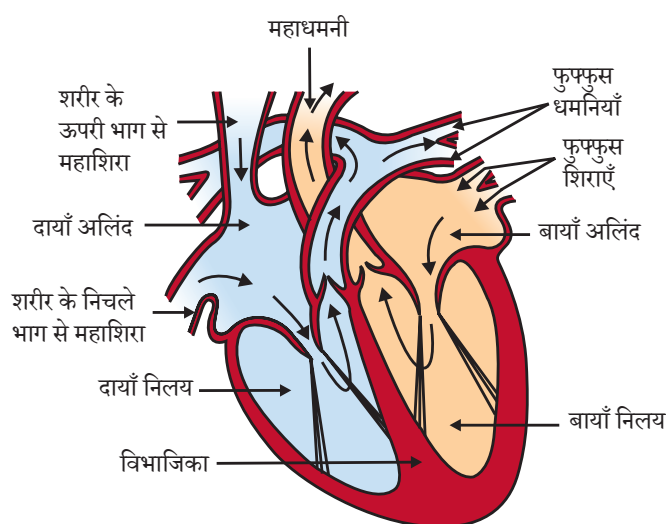
क्रियाकलाप 5.7

- अपने आस-पास के एक स्वास्थ्य केंद्र का भ्रमण कीजिए और ज्ञात कीजिए कि मनुष्यों में हीमोग्लोबिन की मात्रा का सामान्य परिसर क्या है?
- क्या यह बच्चे और वयस्क के लिए समान है?
- क्या पुरुष और महिलाओं के हीमोग्लोबिन स्तर में कोई अंतर है?
- अपने आस-पास के एक पशु चिकित्सा क्लीनिक का भ्रमण कीजिए। ज्ञात कीजिए कि पशुओं, जैसे भैंस या गाय में हीमोग्लोबिन की मात्रा का सामान्य परिसर क्या है?

- क्या यह मात्रा बछड़ों में, नर तथा मादा जंतुओं में समान है?
- नर तथा मादा मानव में व जंतुओं में दिखाई देने वाले अंतर की तुलना कीजिए।
- यदि कोई अंतर है तो उसे कैसे समझाओगे?

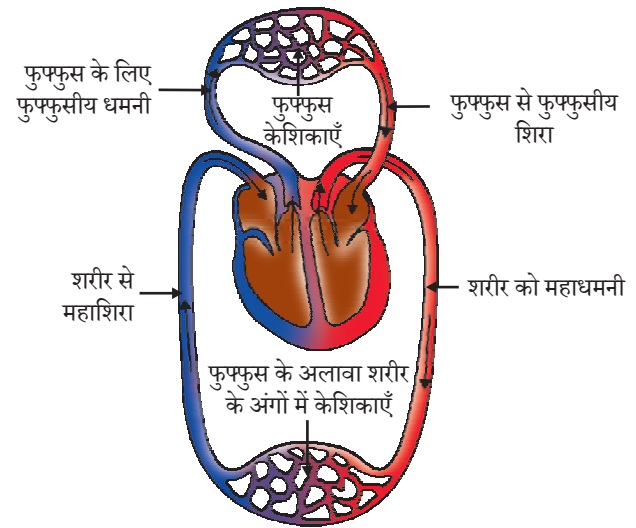
पिछले अनुभाग में हम देख चुके हैं कि रुधिर भोजन, ऑक्सीजन तथा वर्ज्य पदार्थों का हमारे शरीर में वहन करता है। कक्षा 9 में हमने सीखा था कि रुधिर एक तरल संयोजी ऊतक है। रुधिर में एक तरल माध्यम होता है, जिसे प्लाज्मा कहते हैं, इसमें कोशिकाएँ निलंबित होती हैं। प्लाज्मा भोजन, कार्बन डाइऑक्साइड तथा नाइट्रोजनी वर्ज्य पदार्थ का विलीन रूप में वहन करता है। ऑक्सीजन को लाल रुधिर कणिकाएँ ले जाती हैं। बहुत से अन्य पदार्थ जैसे लवण का वहन भी रुधिर के द्वारा होता है। अतः हमें एक पंपनयंत्र की आवश्यकता है, जो रुधिर को अंगों के आस-पास धकेल सके, नलियों के एक परिपथ की आवश्यकता है, जो रुधिर को सभी ऊतकों तक भेज सके तथा एक तंत्र की जो यह सुनिश्चित करे कि इस परिपथ में यदि कभी टूट-फूट होती है तो उसकी मरम्मत हो सके।

हमारा पंप–हृदय

हृदय एक पेशीय अंग है, जो हमारी मुट्ठी के आकार (चित्र 5.10) का होता है, क्योंकि रुधिर को ऑक्सीजन व कार्बन डाइऑक्साइड दोनों का ही वहन करना होता है। अतः ऑक्सीजन प्रचुर रुधिर को कार्बन डाइऑक्साइड युक्त रुधिर से मिलने को रोकने के लिए हृदय कई कोष्ठों में बँटा होता है। कार्बन डाइऑक्साइड प्रचुर रुधिर को कार्बन डाइऑक्साइड छोड़ने के लिए फुप्फुस में जाना होता है तथा फुप्फुस से वापस ऑक्सीजनित रुधिर को हृदय में लाना होता है। यह ऑक्सीजन प्रचुर रुधिर तब शरीर के शेष हिस्सों में पंप किया जाता है।

चित्र 5.10 *मानव हृदय का व्यवस्थात्मक काट दृश्य*

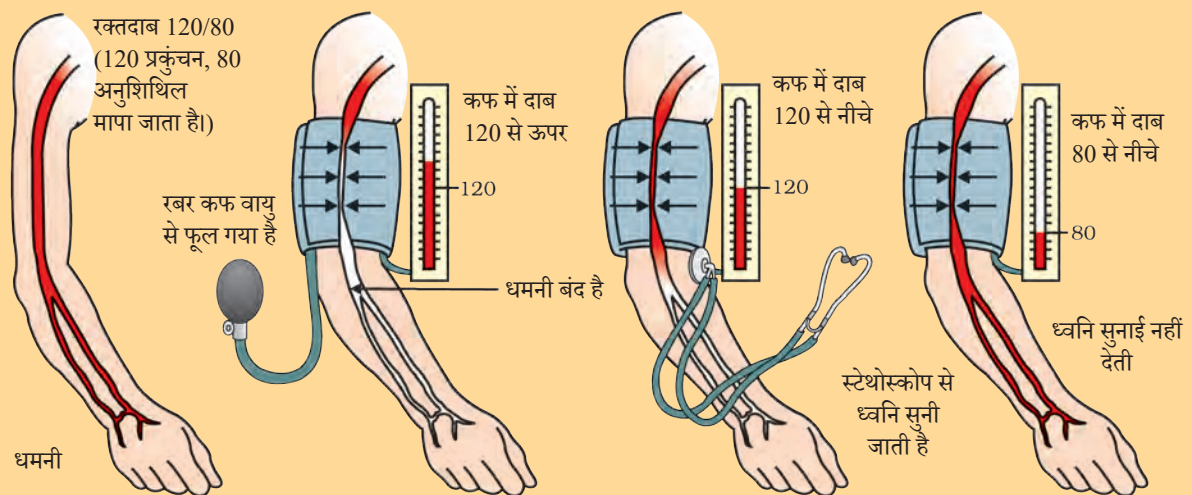
हम इस प्रक्रम को विभिन्न चरणों (चित्र 5.11) में समझ सकते हैं। ऑक्सीजन प्रचुर रुधिर फुप्फुस से हृदय में बाईं ओर स्थित कोष्ठ— बायाँ अलिंद में आता है। इस रुधिर को एकत्रित करते समय बायाँ अलिंद शिथिल रहता है। जब अगला कोष्ठ बायाँ निलय फैलता है तब यह संकुचित होता है, जिससे रुधिर इसमें स्थानांतरित होता है। अपनी बारी पर जब पेशीय बायाँ निलय संकुचित होता है, तब रुधिर शरीर में पंपित हो जाता है। ऊपर वाला दायाँ कोष्ठ, दायाँ अलिंद जब फैलता है तो शरीर से विऑक्सीजनित रुधिर इसमें आ जाता है। जैसे ही दायाँ अलिंद संकुचित होता है, नीचे वाला संगत कोष्ठ, दायाँ निलय फैल जाता है। यह रुधिर को दाएँ निलय में स्थानांतरित कर देता है, जो रुधिर को ऑक्सीजनीकरण हेतु अपनी बारी पर फुप्फुस में पंप कर देता है। अलिंद की अपेक्षा निलय की पेशीय भित्ति मोटी होती है, क्योंकि निलय को पूरे शरीर में रुधिर भेजना होता है। जब अलिंद या निलय संकुचित होते हैं तो वाल्व उल्टी दिशा में रुधिर प्रवाह को रोकना सुनिश्चित करते हैं।

फुफ्फुस में ऑक्सीजन रुधिर में प्रवेश करती है।

हृदय का दायाँ व बायाँ बँटवारा ऑक्सीजनित तथा विऑक्सीजनित रुधिर को मिलने से रोकने में लाभदायक होता है। इस तरह का बँटवारा शरीर को उच्च दक्षतापूर्ण ऑक्सीजन की पूर्ति कराता है। पक्षी और स्तनधारी सरीखे जंतुओं को जिन्हें उच्च ऊर्जा की आवश्यकता है, यह बहुत लाभदायक है, क्योंकि इन्हें अपने शरीर का तापक्रम बनाए रखने के लिए निरंतर ऊर्जा की आवश्यकता होती है। उन जंतुओं में जिन्हें इस कार्य के लिए ऊर्जा का उपयोग नहीं करना होता है, शरीर का तापक्रम पर्यावरण के तापक्रम पर निर्भर होता है। जल स्थल चर या बहुत से सरीसृप जैसे जंतुओं में तीन कोष्ठीय हृदय होता है और ये ऑक्सीजनित तथा विऑक्सीजनित रुधिर धारा को कुछ सीमा तक मिलना भी सहन कर लेते हैं। दूसरी ओर मछली के हृदय में केवल दो कोष्ठ होते हैं। यहाँ से रुधिर क्लोम में भेजा जाता है, जहाँ यह ऑक्सीजनित होता है और सीधा शरीर में भेज दिया जाता है। इस तरह मछलियों के शरीर में एक चक्र में केवल एक बार ही रुधिर हृदय में जाता है। दूसरी ओर अन्य कशेरुकी में प्रत्येक चक्र में यह दो बार हृदय में जाता है। इसे दोहरा परिसंचरण कहते हैं।

चित्र 5.11 *ऑक्सीजन तथा कार्बन डाइऑक्साइड के परिवहन तथा विनिमय का व्यवस्थात्मक निरूपण*

यह भी जानिए!

रक्तदाब

रुधिर वाहिकाओं की भित्ति के विरुद्ध जो दाब लगता है, उसे रक्तदाब कहते हैं। यह दाब शिराओं की अपेक्षा धमनियों में बहुत अधिक होता है। धमनी के अंदर रुधिर का दाब निलय प्रंकुचन (संकुचन) के दौरान प्रकुंचन दाब तथा निलय अनुशिथिलन (शिथिलन) के दौरान धमनी के अंदर का दाब अनुशिथिलन दाब कहलाता है। सामान्य प्रकुंचन दाब लभगग 120 mm (पारा) तथा अनुशिथिलन दाब लगभग 80 mm (पारा) होता है।

स्फाईग्मोमैनोमीटर नामक यंत्र से रक्तदाब नापा जाता है। उच्च रक्तदाब को अति तनाव भी कहते हैं और इसका कारण धमनिकाओं का सिकुड़ना है, इससे रक्त प्रवाह में प्रतिरोध बढ़ जाता है। इससे धमनी फट सकती है तथा आंतरिक रक्तस्रवण हो सकता है।

नलिकाएँ– रुधिर वाहिकाएँ

धमनी वे रुधिर वाहिकाएँ हैं, जो रुधिर को हृदय से शरीर के विभिन्न अंगों तक ले जाती हैं। धमनी की भित्ति मोटी तथा लचीली होती है, क्योंकि रुधिर हृदय से उच्च दाब से निकलता है। शिराएँ विभिन्न अंगों से रुधिर एकत्र करके वापस हृदय में लाती हैं। उनमें मोटी भित्ति की आवश्यकता नहीं है, क्योंकि रुधिर में दाब होता है, बल्कि उनमें रुधिर को एक ही दिशा में प्रवाहित करने के लिए वाल्व होते हैं।

किसी अंग या ऊतक तक पहुँचकर धमनी उत्तरोत्तर छोटी-छोटी वाहिकाओं में विभाजित हो जाती है, जिससे सभी कोशिकाओं से रुधिर का संपर्क हो सके। सबसे छोटी वाहिकाओं की भित्ति एक कोशिकीय मोटी होती है और रुधिर एवं आस-पास की केशिकाओं के मध्य पदार्थों का विनिमय इस पतली भित्ति के द्वारा ही होता है। केशिकाएँ तब आपस में मिलकर शिराएँ बनाती हैं तथा रुधिर को अंग या ऊतक से दूर ले जाती हैं।

प्लेटलैट्स द्वारा अनुरक्षण

इन नलिकाओं के तंत्र में यदि रिसना प्रारंभ हो जाए तो क्या होगा? उस स्थिति पर विचार कीजिए जब हम घायल हो जाएँ और रक्तस्राव होने लगे। तंत्र से रुधिर की हानि प्राकृतिक रूप से कम से कम होनी चाहिए। इसके अतिरिक्त रक्तस्राव से दाब में कमी आ जाएगी, जिससे पंपिंग प्रणाली की दक्षता में कमी आ जाएगी। इसे रोकने के लिए रुधिर में प्लेटलैट्स कोशिकाएँ होती हैं जो पूरे शरीर में भ्रमण करती हैं और रक्तस्राव के स्थान पर रुधिर का थक्का बनाकर मार्ग अवरुद्ध कर देती हैं।

लसिका

एक अन्य प्रकार का द्रव है, जो वहन में भी सहायता करता है। इसे लसिका या ऊतक तरल कहते हैं। केशिकाओं की भित्ति में उपस्थित छिद्रों द्वारा कुछ प्लाज्मा, प्रोटीन तथा रुधिर कोशिकाएँ बाहर निकलकर ऊतक के अंतर्कोशिकीय अवकाश में आ जाते हैं तथा ऊतक तरल या लसिका का निर्माण करते हैं। यह रुधिर के प्लाज्मा की तरह ही है, लेकिन यह रंगहीन तथा इसमें अल्पमात्रा में प्रोटीन होते हैं। लसिका अंतर्कोशिकीय अवकाश से लसिका केशिकाओं में चला जाता है जो आपस में मिलकर बड़ी लसिका वाहिका बनाती है और अंत में बड़ी शिरा में खुलती है। पचा हुआ तथा क्षुद्रांत्र द्वारा अवशोषित वसा का वहन लसिका द्वारा होता है और अतिरिक्त तरल को बाह्य कोशिकीय अवकाश से वापस रुधिर में ले जाता है।

5.4.2 पादपों में परिवहन

हम पहले चर्चा कर चुके हैं कि पादप किस तरह CO_2 सरीखे सरल यौगिक लेते हैं और प्रकाश संश्लेषण द्वारा ऊर्जा का भंडारण क्लोरोफिल युक्त अंगों विशेष रूप से पत्तियों में करते हैं। पादप

2024-25

शरीर के निर्माण के लिए आवश्यक कच्ची सामग्री अलग से प्राप्त की जाती है। पौधों के लिए नाइट्रोजन, फास्फोरस तथा दूसरे खनिज लवणों के लिए मृदा निकटतम तथा प्रचुरतम स्रोत है। इसलिए इन पदार्थों का अवशोषण जड़ों द्वारा, जो मृदा के संपर्क में रहती हैं, किया जाता है। यदि मृदा के संपर्क वाले अंगों में तथा क्लोरोफिल युक्त अंगों में दूरी बहुत कम है तो ऊर्जा व कच्ची सामग्री पादप शरीर के सभी भागों में आसानी से विसरित हो सकती है। यदि पादप शरीर की अभिकल्पना में परिवर्तन के कारण ये दूरियाँ बढ़ जाती हैं तो पत्तियों में कच्ची सामग्री तथा जड़ों में ऊर्जा उपलब्ध कराने के लिए विसरण प्रक्रम पर्याप्त नहीं होगा। ऐसी परिस्थिति में परिवहन की एक सुदृढ़ प्रणाली आवश्यक हो जाती है।

विभिन्न शरीर अभिकल्पना के लिए ऊर्जा की आवश्यकता भिन्न होती है। पादप प्रचलन नहीं करते हैं, और पादप शरीर का एक बड़ा अनुपात अनेक ऊतकों में मृत कोशिकाओं का होता है। इसके परिणामस्वरूप पादपों को कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है तथा वे अपेक्षाकृत धीमी वहन तंत्र प्रणाली का उपयोग कर सकते हैं। वे जिन दूरियों पर परिवहन तंत्र का प्रचालन कर रहे हैं, लंबे वृक्षों में वे बहुत अधिक हो सकती हैं।

पादप वहन तंत्र पत्तियों से भंडारित ऊर्जा युक्त पदार्थ तथा जड़ों से कच्ची सामग्री का वहन करेगा। ये दो पथ स्वतंत्र संगठित चालन नलिकाओं से निर्मित हैं। एक जाइलम है, जो मृदा से प्राप्त जल और खनिज लवणों को वहन करता है। दूसरा फ्लोएम, पत्तियों से जहाँ प्रकाश संश्लेषण के उत्पाद संश्लेषित होते हैं, पौधे के अन्य भागों तक वहन करता है। हम इन ऊतकों की रचना विस्तार से कक्षा 9 में पढ़ चुके हैं।

जल का परिवहन

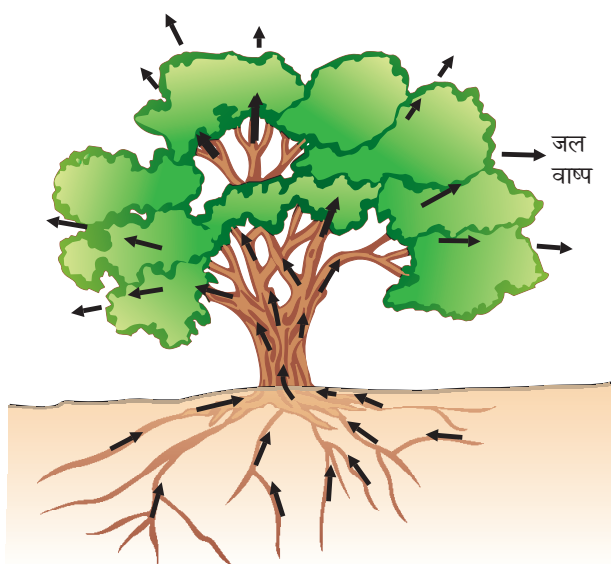
जाइलम ऊतक में जड़ों, तनों और पत्तियों की वाहिनिकाएँ तथा वाहिकाएँ आपस में जुड़कर जल संवहन वाहिकाओं का एक सतत जाल बनाती हैं, जो पादप के सभी भागों से संबद्ध होता है। जड़ों की कोशिकाएँ मृदा के संपर्क में हैं तथा वे सक्रिय रूप से आयन प्राप्त करती हैं। यह जड़ और मृदा के मध्य आयन सांद्रण में एक अंतर उत्पन्न करता है। इस अंतर को समाप्त करने के लिए मृदा से जल जड़ में प्रवेश कर जाता है। इसका अर्थ है कि जल अनवरत गति से जड़ के जाइलम में जाता है और जल के स्तंभ का निर्माण करता है जो लगातार ऊपर की ओर धकेला जाता है।

जो हम आमतौर पर पादपों की ऊँचाई देखते हैं, यह दाब जल को वहाँ तक पहुँचाने के लिए स्वयं में पर्याप्त नहीं है। पादप जाइलम द्वारा अपने सबसे ऊँचाई के बिंदु तक जल पहुँचाने की कोई और युक्ति करते हैं।

क्रियाकलाप 5.8

- लगभग एक ही आकार के तथा बराबर मृदा वाले दो गमले लीजिए। एक में पौधा लगा दीजिए तथा दूसरे गमले में पौधे की ऊँचाई की एक छड़ी लगा दीजिए।
- दोनों गमलों की मिट्टी प्लास्टिक की शीट से ढक दीजिए जिसमें नमी का वाष्पन न हो सके।

- दोनों गमलों को, एक को पौधे के साथ तथा दूसरे को छड़ी के साथ, प्लास्टिक शीट से ढक दीजिए।
- क्या आप दोनों में कोई अंतर देखते हैं?

यह मानकर कि पादप को पर्याप्त जलापूर्ति है, जिस जल की रंध्र के द्वारा हानि हुई है, उसका प्रतिस्थापन पत्तियों में जाइलम वाहिकाओं द्वारा हो जाता है। वास्तव में कोशिका से जल के अणुओं का वाष्पन एक चूषण उत्पन्न करता है, जो जल को जड़ों में उपस्थित जाइलम कोशिकाओं द्वारा खींचता है। पादप के वायवीय भागों द्वारा वाष्प के रूप में जल की हानि वाष्पोत्सर्जन कहलाती है।

चित्र 5.12 एक वृक्ष में वाष्पोत्सर्जन के समय जल की गति

अतः वाष्पोत्सर्जन, जल के अवशोषण एवं जड़ से पत्तियों तक जल तथा उसमें विलेय खनिज लवणों के उपरिमुखी गति में सहायक है। यह ताप के नियमन में भी सहायक है। जल के वहन में मूल दाब रात्रि के समय विशेष रूप से प्रभावी है। दिन में जब रंध्र खुले हैं वाष्पोत्सर्जन कर्षण, जाइलम में जल की गति के लिए, मुख्य प्रेरक बल होता है।

भोजन तथा दूसरे पदार्थों का स्थानांतरण

अब तक हम पादप में जल और खनिज लवणों की चर्चा कर चुके हैं। अब हम चर्चा करते हैं कि उपापचयी क्रियाओं के उत्पाद, विशेष रूप से प्रकाश संश्लेषण, जो पत्तियों में होता है तथा पादप के अन्य भागों में कैसे भेजे जाते हैं। प्रकाश संश्लेषण के विलेय उत्पादों का वहन स्थानांतरण कहलाता है और यह संवहन ऊतक के फ्लोएम नामक भाग द्वारा होता है। प्रकाश संश्लेषण के उत्पादों के अलावा फ्लोएम अमीनो अम्ल तथा अन्य पदार्थों का परिवहन भी करता है। ये पदार्थ विशेष रूप से जड़ के भंडारण अंगों, फलों, बीजों तथा वृद्धि वाले अंगों में ले जाए जाते हैं। भोजन तथा अन्य पदार्थों का स्थानांतरण संलग्न साथी कोशिका की सहायता से चालनी नलिका में उपरिमुखी तथा अधोमुखी दोनों दिशाओं में होता है।

जाइलम द्वारा परिवहन जिसे सामान्य भौतिक बलों द्वारा समझाया जा सकता है, से विपरीत फ्लोएम द्वारा स्थानांतरण है, जो ऊर्जा के उपयोग से पूरा होता है। सुक्रोज सरीखे पदार्थ फ्लोएम ऊतक में ए.टी.पी. से प्राप्त ऊर्जा से ही स्थानांतरित होते हैं। यह ऊतक का परासरण दाब बढ़ा देता है, जिससे जल इसमें प्रवेश कर जाता है। यह दाब पदार्थों को फ्लोएम से उस ऊतक तक ले जाता है, जहाँ दाब कम होता है। यह फ्लोएम को पादप की आवश्यकता के अनुसार पदार्थों का स्थानांतरण कराता है, उदाहरण के लिए— बसंत में जड़ व तने के ऊतकों में भंडारित शर्करा का स्थानांतरण कलिकाओं में होता है, जिसे वृद्धि के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

प्रश्न

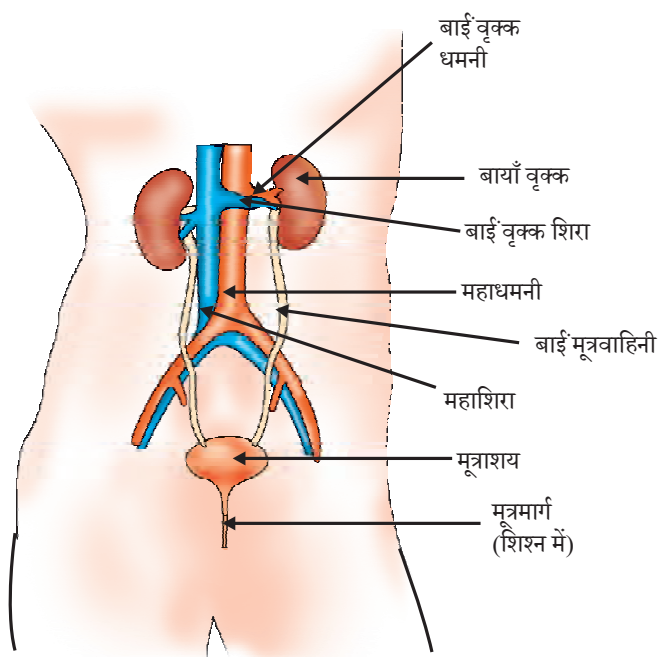
1. मानव में वहन तंत्र के घटक कौन से हैं? इन घटकों के क्या कार्य हैं?
2. स्तनधारी तथा पक्षियों में ऑक्सीजनित तथा विऑक्सीजनित रुधिर को अलग करना क्यों आवश्यक है?
3. उच्च संगठित पादप में वहन तंत्र के घटक क्या हैं?
4. पादप में जल और खनिज लवण का वहन कैसे होता है?
5. पादप में भोजन का स्थानांतरण कैसे होता है?

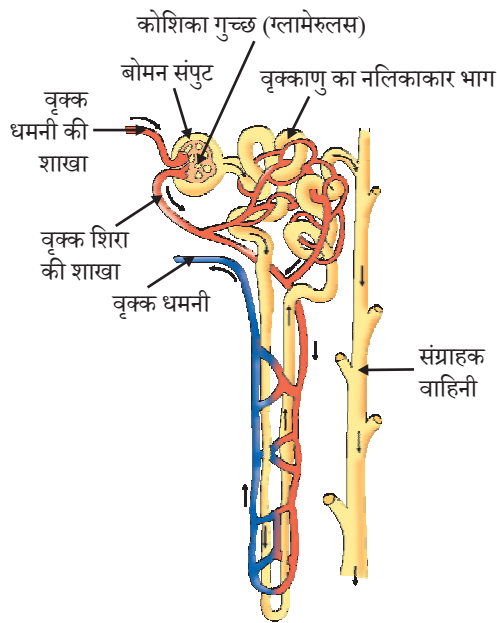
5.5 उत्सर्जन

हम चर्चा कर चुके हैं कि जीव प्रकाश संश्लेषण तथा श्वसन में जनित वर्ज्य गैसों से कैसे छुटकारा पाते हैं। अन्य उपापचयी क्रियाओं में जनित नाइट्रोजन युक्त पदार्थों का निकलना आवश्यक है। वह जैव प्रक्रम, जिसमें इन हानिकारक उपापचयी वर्ज्य पदार्थों का निष्कासन होता है, **उत्सर्जन** कहलाता है। विभिन्न जंतु इसके लिए विविध युक्तियाँ करते हैं। बहुत से एककोशिक जीव इन अपशिष्टों को शरीर की सतह से जल में विसरित कर देते हैं। जैसा हम अन्य प्रक्रम में देख चुके हैं, जटिल बहुकोशिकीय जीव इस कार्य को पूरा करने के लिए विशिष्ट अंगों का उपयोग करते हैं।

5.5.1 मानव में उत्सर्जन

मानव के उत्सर्जन तंत्र (चित्र 5.13) में एक जोड़ा वृक्क, एक मूत्रवाहिनी, एक मूत्राशय तथा एक मूत्रमार्ग होता है। वृक्क उदर में रीढ़ की हड्डी के दोनों ओर स्थित होते हैं। वृक्क में मूत्र बनने के बाद मूत्रवाहिनी में होता हुआ मूत्राशय में आ जाता है तथा यहाँ तब तक एकत्र रहता है, जब तक मूत्रमार्ग से यह निकल नहीं जाता है।

मूत्र किस प्रकार तैयार होता है? मूत्र बनने का उद्देश्य रुधिर में से वर्ज्य पदार्थों को छानकर बाहर करना है। फुफ्फुस में CO_2 रुधिर से अलग हो जाती है, जबकि नाइट्रोजनी वर्ज्य पदार्थ जैसे यूरिया या यूरिक अम्ल वृक्क में रुधिर से अलग कर लिए जाते हैं। यह कोई आश्चर्य की बात नहीं कि वृक्क में आधारी निस्यंदन एकक, फुफ्फुस की तरह ही, बहुत पतली भित्ति वाली रुधिर केशिकाओं का गुच्छ होता है। वृक्क में प्रत्येक केशिका गुच्छ, एक नलिका के कप के आकार के सिरे के अंदर होता है। यह नलिका छने हुए मूत्र (चित्र 5.14) को एकत्र करती है। प्रत्येक वृक्क में ऐसे

चित्र 5.13 मानव उत्सर्जन तंत्र

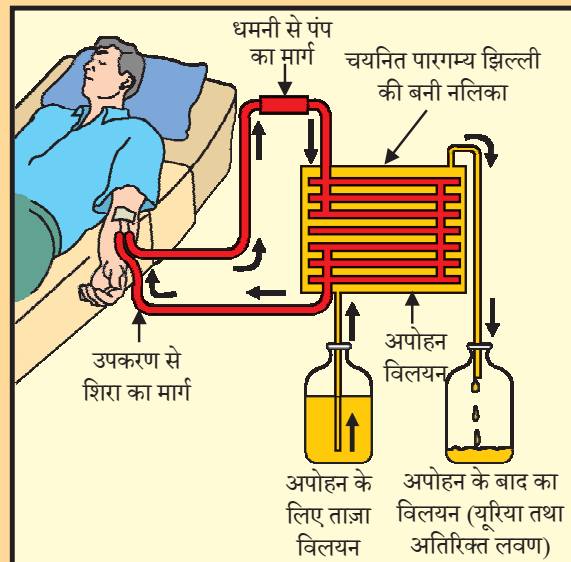
2024-25

चित्र 5.14 एक वृक्काणु की रचना

अनेक निस्यंदन एकक होते हैं, जिन्हें वृक्काणु (नेफ्रॉन) कहते हैं, जो आपस में निकटता से पैक रहते हैं। प्रारंभिक निस्यंद में कुछ पदार्थ, जैसे– ग्लूकोज़, अमीनो अम्ल, लवण और प्रचुर मात्रा में जल रह जाते हैं। जैसे-जैसे मूत्र इस नलिका में प्रवाहित होता है इन पदार्थों का चयनित पुनरवशोषण हो जाता है। जल की मात्रा पुनरवशोषण शरीर में उपलब्ध अतिरिक्त जल की मात्रा पर, तथा कितना विलेय वर्ज्य उत्सर्जित करना है, पर निर्भर करता है। प्रत्येक वृक्क में बनने वाला मूत्र एक लंबी नलिका, मूत्रवाहिनी में प्रवेश करता है, जो वृक्क को मूत्राशय से जोड़ती है। मूत्राशय में मूत्र भंडारित रहता है जब तक कि फैले हुए मूत्राशय का दाब मूत्रमार्ग द्वारा उसे बाहर न कर दे। मूत्राशय पेशीय होता है। अतः यह तंत्रिका नियंत्रण में है, इसकी चर्चा हम कर चुके हैं। परिणामस्वरूप हम प्रायः मूत्र निकासी को नियंत्रित कर लेते हैं।

क्या आप जानते हैं?

कृत्रिम वृक्क (अपोहन)

उत्तरजीविता के लिए वृक्क जैव अंग हैं। कई कारक, जैसे– संक्रमण, आघात या वृक्क में सीमित रुधिर प्रवाह, वृक्क की क्रियाशीलता को कम कर देते हैं। यह शरीर में विषैले अपशिष्ट को संचित कराता है, जिससे मृत्यु भी हो सकती है। वृक्क के अपक्रिय होने की अवस्था में कृत्रिम वृक्क का उपयोग किया जा सकता है। एक कृत्रिम वृक्क नाइट्रोजनी अपशिष्ट उत्पादों को रुधिर से अपोहन (dialysis) द्वारा निकालने की एक युक्ति है।

कृत्रिम वृक्क बहुत सी अर्धपारगम्य आस्तर वाली नलिकाओं से युक्त होती है। ये नलिकाएँ अपोहन द्रव से भरी टंकी में लगी होती हैं। इस द्रव का परासरण दाब रुधिर जैसा ही होता है, लेकिन इसमें नाइट्रोजनी अपशिष्ट नहीं होते हैं। रोगी के रुधिर को इन नलिकाओं से प्रवाहित कराते हैं। इस मार्ग में रुधिर से अपशिष्ट उत्पाद विसरण द्वारा अपोहन द्रव में आ जाते हैं। शुद्धिकृत रुधिर वापस रोगी के शरीर में पंपित कर दिया जाता है। यह वृक्क के कार्य के समान है, लेकिन एक अंतर है कि इसमें कोई पुनरवशोषण नहीं है। प्रायः एक स्वस्थ वयस्क में प्रतिदिन 180 लीटर आरंभिक निस्यंद वृक्क में होता है। यद्यपि एक दिन में उत्सर्जित मूत्र का आयतन वास्तव में एक या दो लीटर है, क्योंकि शेष निस्यंद वृक्क नलिकाओं में पुनरवशोषित हो जाता है।

5.5.2 पादप में उत्सर्जन

पादप उत्सर्जन के लिए जंतुओं से बिल्कुल भिन्न युक्तियाँ प्रयुक्त करते हैं। प्रकाश संश्लेषण में जनित ऑक्सीजन भी अपशिष्ट उत्पाद कही जा सकती है। हम पहले चर्चा कर चुके हैं कि पौधे ऑक्सीजन तथा कार्बन डाइऑक्साइड के साथ कैसा व्यवहार करते हैं। वे अतिरिक्त जल से वाष्पोत्सर्जन द्वारा छुटकारा पा सकते हैं। पादपों में बहुत से ऊतक मृत कोशिकाओं के बने होते हैं और वे अपने कुछ भागों, जैसे– पत्तियों का क्षय भी कर सकते हैं। बहुत से पादप अपशिष्ट उत्पाद कोशिकीय रिक्तिका में संचित रहते हैं। पौधों से गिरने वाली पत्तियों में भी अपशिष्ट उत्पाद संचित रहते हैं। अन्य अपशिष्ट उत्पाद रेजिन तथा गोंद के रूप में विशेष रूप से पुराने जाइलम में संचित रहते हैं। पादप भी कुछ अपशिष्ट पदार्थों को अपने आस-पास की मृदा में उत्सर्जित करते हैं।

विचार करें

अंगदान

अंगदान एक उदार कार्य है, जिसमें किसी ऐसे व्यक्ति को अंगदान किया जाता है, जिसका कोई अंग ठीक से कार्य न कर रहा हो। यह दान दाताओं और उनके परिवार वालों की सहमति द्वारा किया जा सकता है। अंग और ऊतक दान में दान दाता की उम्र व लिंग मायने नहीं रखता। प्रत्यारोपण किसी व्यक्ति के जीवन को बचा या बदल सकता है। ग्राही के अंग खराब अथवा बीमारी या चोट की वजह से क्षतिग्रस्त होने के कारण अंग प्रत्यारोपण आवश्यक हो जाता है। अंगदान में किसी एक व्यक्ति (दाता) के शरीर से शल्य चिकित्सा द्वारा अंग निकालकर किसी अन्य व्यक्ति (ग्राही) के शरीर में प्रत्यारोपित किया जाता है। सामान्य प्रत्यारोपण में कॉर्निया, गुर्दे, दिल, यकृत, अग्नाशय, फेफड़े, आंत और अस्थिमज्जा शामिल हैं। अधिकांशतः अंगदान व ऊतक दान दाता की मृत्यु के ठीक बाद होते हैं या जब डॉक्टर किसी व्यक्ति के मस्तिष्क को मृत घोषित करता है तब। लेकिन कुछ अंगों, जैसे– गुर्दे, यकृत का कुछ भाग, फेफड़े इत्यादि और ऊतकों का दान दाता के जीवित होने पर भी किया जा सकता है।

प्रश्न

1. वृक्काणु (नेफ्रॉन) की रचना तथा क्रियाविधि का वर्णन कीजिए।
2. उत्सर्जी उत्पाद से छुटकारा पाने के लिए पादप किन विधियों का उपयोग करते हैं।
3. मूत्र बनने की मात्रा का नियमन किस प्रकार होता है?

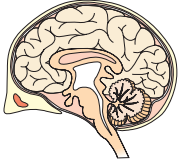
आपने क्या सीखा

- विभिन्न प्रकार की गतियों को जीवन सूचक माना जा सकता है।
- जीवन के अनुरक्षण के लिए पोषण, श्वसन, शरीर के अंदर पदार्थों का संवहन तथा अपशिष्ट उत्पादों का उत्सर्जन आदि प्रक्रम आवश्यक हैं।
- स्वपोषी पोषण में पर्यावरण से सरल अकार्बनिक पदार्थ लेकर तथा बाह्य ऊर्जा स्रोत जैसे सूर्य का उपयोग करके उच्च ऊर्जा वाले जटिल कार्बनिक पदार्थों का संश्लेषण करना है।
- विषमपोषी पोषण में दूसरे जीवों द्वारा तैयार किए जटिल पदार्थों का अंतर्ग्रहण होता है।
- मनुष्य में, खाए गए भोजन का विखंडन भोजन नली के अंदर कई चरणों में होता है तथा पाचित भोजन क्षुद्रांत्र में अवशोषित करके शरीर की सभी कोशिकाओं में भेज दिया जाता है।
- श्वसन प्रक्रम में ग्लूकोज़ जैसे जटिल कार्बनिक यौगिकों का विखंडन होता है, जिससे ए.टी.पी. का उपयोग कोशिका में होने वाली अन्य क्रियाओं को ऊर्जा प्रदान करने के लिए किया जाता है।

- श्वसन वायवीय या अवायवीय हो सकता है। वायवीय श्वसन से जीव को अधिक ऊर्जा प्राप्त होती है।
- मनुष्य में ऑक्सीजन, कार्बन डाइऑक्साइड, भोजन तथा उत्सर्जी उत्पाद सरीखे पदार्थों का वहन परिसंचरण तंत्र का कार्य होता है। परिसंचरण तंत्र में हृदय, रुधिर तथा रुधिर वाहिकाएँ होती हैं।
- उच्च विभेदित पादपों में जल, खनिज लवण, भोजन तथा अन्य पदार्थों का परिवहन संवहन ऊतक का कार्य है, जिसमें जाइलम तथा फ्लोएम होते हैं।
- मनुष्य में, उत्सर्जी उत्पाद विलेय नाइट्रोजनी यौगिक के रूप में वृक्क में वृक्काणु (नेफ्रॉन) द्वारा निकाले जाते हैं।
- पादप अपशिष्ट पदार्थों से छुटकारा प्राप्त करने के लिए विविध तकनीकों का उपयोग करते हैं, उदाहरण के लिए— अपशिष्ट पदार्थ कोशिका रिक्तिका में संचित किए जा सकते हैं या गोंद व रेजिन के रूप में तथा गिरती पत्तियों द्वारा दूर किया जा सकता है या ये अपने आस-पास की मृदा में उत्सर्जित कर देते हैं।

अभ्यास

1. मनुष्य में वृक्क एक तंत्र का भाग है, जो संबंधित है—
   (a) पोषण (b) श्वसन
   (c) उत्सर्जन (d) परिवहन
2. पादप में जाइलम उत्तरदायी है—
   (a) जल का वहन (b) भोजन का वहन
   (c) अमीनो अम्ल का वहन (d) ऑक्सीजन का वहन
3. स्वपोषी पोषण के लिए आवश्यक है—
   (a) कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल (b) क्लोरोफिल
   (c) सूर्य का प्रकाश (d) उपरोक्त सभी
4. पायरुवेट के विखंडन से यह कार्बन डाइऑक्साइड, जल तथा ऊर्जा देता है और यह क्रिया होती है—
   (a) कोशिकाद्रव्य (b) माइटोकॉन्ड्रिया
   (c) हरित लवक (d) केंद्रक
5. हमारे शरीर में वसा का पाचन कैसे होता है? यह प्रक्रम कहाँ होता है?
6. भोजन के पाचन में लार की क्या भूमिका है?
7. स्वपोषी पोषण के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ कौन सी हैं और उसके उपोत्पाद क्या हैं?
8. वायवीय तथा अवायवीय श्वसन में क्या अंतर हैं? कुछ जीवों के नाम लिखिए जिनमें अवायवीय श्वसन होता है।
9. गैसों के अधिकतम विनिमय के लिए कूपिकाएँ किस प्रकार अभिकल्पित हैं?
10. हमारे शरीर में हीमोग्लोबिन की कमी के क्या परिणाम हो सकते हैं?
11. मनुष्य में दोहरा परिसंचरण की व्याख्या कीजिए। यह क्यों आवश्यक है?
12. जाइलम तथा फ्लोएम में पदार्थों के वहन में क्या अंतर है?
13. फुफ्फुस में कूपिकाओं की तथा वृक्क में वृक्काणु (नेफ्रान) की रचना तथा क्रियाविधि की तुलना कीजिए।

अध्याय 6

नियंत्रण एवं समन्वय

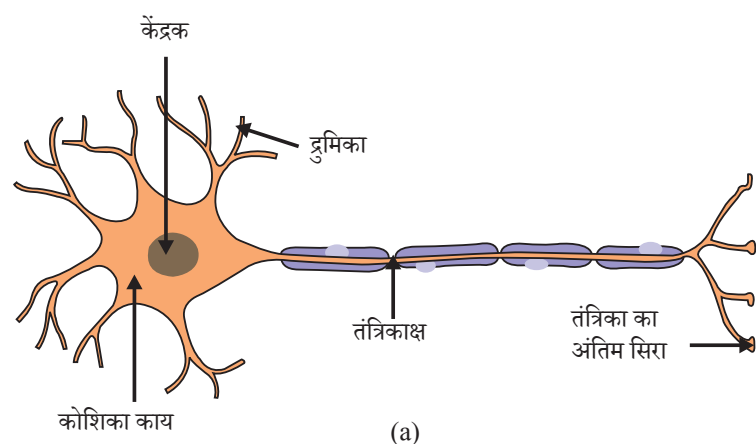
पिछले अध्याय में हमने सजीवों में अनुरक्षण (रख-रखाव) कार्य में संग्लग्न जैव प्रक्रमों के बारे में पढ़ा था। हमने इस बात पर विचार करना प्रारंभ किया था कि यदि कोई वस्तु गतिशील है तो वह सजीव है। पादपों में इस तरह की कुछ गतियाँ वास्तव में वृद्धि का परिणाम हैं। एक बीज अंकुरित होता है और वृद्धि करता है और हम देख सकते हैं कि नवोद्भिद कुछ दिनों में गति करता हुआ मृदा को एक ओर धकेलकर बाहर आ जाता है, लेकिन यदि इसकी वृद्धि रुक गई होती तो ये गतियाँ नहीं होतीं। अधिकांश जंतुओं में तथा कुछ पादपों में होने वाली कुछ गतियाँ वृद्धि से संबंधित नहीं हैं। एक दौड़ती बिल्ली, झूले पर खेलते बच्चे, जुगाली करती भैंस आदि ये गतियाँ वृद्धि के कारण नहीं होती हैं।

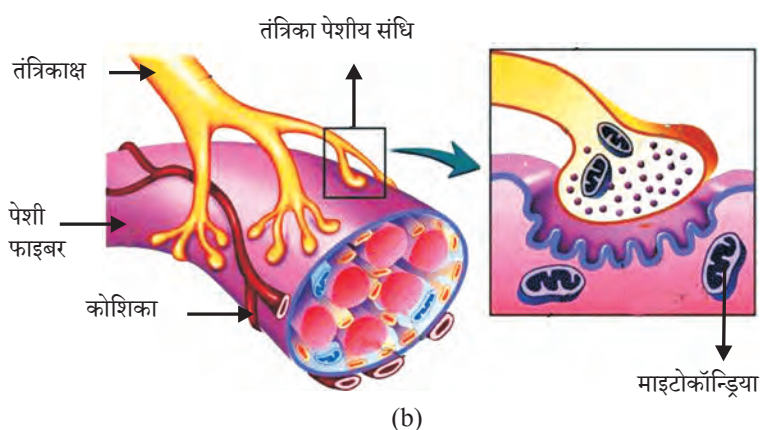
दिखाई देने वाली इन गतियों को हम जीवन के साथ क्यों जोड़ते हैं? इसका एक संभावित उत्तर यह है कि हम गतियों को जीव के पर्यावरण में आए परिवर्तन की अनुक्रिया सोचते हैं। बिल्ली इसलिए दौड़ी होगी, क्योंकि इसने एक चूहा देखा था। केवल यही नहीं, हम गति को सजीवों द्वारा किए गए एक ऐसे प्रयास के रूप में भी सोचते हैं, जिसमें उनके पर्यावरण में हुए परिवर्तन उनके लिए लाभकारी हों। सूर्य के प्रकाश में पौधे वृद्धि करते हैं। बच्चे झूले से आनंद प्राप्त करने का प्रयास करते हैं। भैंस जुगाली करती है ताकि भोजन छोटे टुकड़ों में टूट जाए और उसका पाचन भली-भाँति हो सके। जब तेज़ रोशनी हमारी आँखों पर फोकस की जाती है या जब हम किसी गर्म वस्तु को छूते हैं तो हमें परिवर्तन का पता लग जाता है और इसकी अनुक्रिया में स्वयं को बचाने के लिए गति करते हैं, ऐसा प्रतीत होता है।

यदि हम इसके बारे में और अधिक विचार करें तो ऐसा प्रतीत होता है कि पर्यावरण की अनुक्रिया के प्रति ये गतियाँ सावधानी से नियंत्रित की जाती हैं। पर्यावरण में प्रत्येक परिवर्तन की अनुक्रिया से एक समुचित गति उत्पन्न होती है। जब हम कक्षा में अपने दोस्तों से बात करना चाहते हैं तो हम ज़ोर से चीखने की अपेक्षा फुसफुसाते हैं। स्पष्ट रूप से कोई भी गति उस घटना पर निर्भर करती है, जो इसे प्रेरित करती है। अतः इस तरह की नियंत्रित गति को पर्यावरण में भिन्न घटनाओं के अभिज्ञान से जोड़ा जाना चाहिए, जो अनुक्रिया के अनुरूप गति करें। दूसरे शब्दों में, सजीवों को उन तंत्रों का उपयोग करना चाहिए, जो नियंत्रण एवं समन्वय का कार्य करते हैं। बहुकोशिकीय जीवों में शरीर संगठन के सामान्य सिद्धांत को ध्यान में रखते हुए यह कह सकते हैं कि विशिष्टीकृत ऊतक का उपयोग इन नियंत्रण तथा समन्वय क्रियाकलापों में किया जाता है।

6.1 जंतु-तंत्रिका तंत्र

जंतुओं में यह नियंत्रण तथा समन्वय तंत्रिका तथा पेशी ऊतक द्वारा किया जाता है, जिसके विषय में हम कक्षा 9 में पढ़ चुके हैं। आकस्मिक परिस्थिति में गरम पदार्थ को छूना हमारे लिए खतरनाक हो सकता है। हमें इसे पहचानने की तथा इसके अनुरूप अनुक्रिया की आवश्यकता है। हम कैसे पता लगाएँ कि हम गरम वस्तु को छू रहे हैं? हमारे पर्यावरण से सभी सूचनाओं का पता कुछ तंत्रिका कोशिकाओं के विशिष्टीकृत सिरों द्वारा, लगाया जाता है। ये ग्राही प्रायः हमारी ज्ञानेंद्रियों में स्थित होते हैं; जैसे– आंतरिक कर्ण, नाक, जिह्वा आदि। रस संवेदी ग्राही स्वाद का पता लगाते हैं, जबकि घ्राणग्राही गंध का पता लगाते हैं।

यह सूचना एक तंत्रिका कोशिका के द्रुमाकृतिक सिरे द्वारा उपार्जित की जाती है। (चित्र 6.1 a) और एक रासायनिक क्रिया द्वारा यह एक विद्युत आवेग पैदा करती है। यह आवेग द्रुमिका से कोशिकाकाय तक जाता है और तब तंत्रिकाक्ष (एक्सॉन) में होता हुआ इसके अंतिम सिरे तक पहुँच जाता है। एक्सॉन के अंत में विद्युत आवेग कुछ रसायनों का विमोचन कराता है। ये रसायन रिक्त स्थान या सिनेप्स (सिनेप्टिक दरार) को पार करते हैं और अगली तंत्रिका कोशिका की द्रुमिका में इसी तरह का विद्युत आवेग प्रारंभ करते हैं। यह शरीर में तंत्रिका आवेग की मात्रा की सामान्य योजना है। अंततः इसी तरह का एक अंतर्ग्रथन (सिनेप्स), ऐसे आवेगों को तंत्रिका कोशिका से अन्य कोशिकाओं, जैसे कि पेशी कोशिकाओं या ग्रंथि (चित्र 6.1 b) तक ले जाता है।

(a)

(b)

चित्र 6.1 (a) तंत्रिका कोशिका का चित्र (b) तंत्रिका पेशीय संधि

अतः इसमें कोई आश्चर्य नहीं है कि तंत्रिका ऊतक तंत्रिका कोशिकाओं या न्यूरॉन के एक संगठित जाल का बना होता है और यह सूचनाओं को विद्युत आवेग के द्वारा शरीर के एक भाग से दूसरे भाग तक संवहन में विशिष्टीकृत है।

चित्र 6.1 (a) को देखिए तथा इसमें तंत्रिका कोशिका के भागों को पहचानिए— (i) जहाँ सूचनाएँ उपर्जित की जाती हैं, (ii) जिससे होकर सूचनाएँ विद्युत आवेग की तरह यात्रा करती हैं, तथा (iii) जहाँ इस आवेग का परिवर्तन रासायनिक संकेत में किया जाता है, जिससे यह आगे संचरित हो सके।

क्रियाकलाप 6.1

- कुछ चीनी अपने मुँह में रखिए। इसका स्वाद कैसा है?
- अपनी नाक को अँगूठा तथा तर्जनी अँगुली से दबाकर बंद कर लीजिए। अब फिर से चीनी खाइए। इसके स्वाद में क्या कोई अंतर है?
- खाना खाते समय उसी तरह से अपनी नाक बंद कर लीजिए तथा ध्यान दीजिए कि जिस भोजन को आप खा रहे हैं, क्या आप उस खाने का पूरा स्वाद ले रहे हैं।

जब नाक बंद होती है तो क्या आप चीनी तथा भोजन के स्वाद में कोई अंतर महसूस करते हैं?

यदि हाँ, तो आप सोचते होंगे कि यह क्यों होता है? इस तरह के अंतर जानने के लिए और उनके संभावित हल खोजने के लिए पढ़िए तथा चर्चा करिए। जब आपको जुकाम हो जाता है तब भी क्या आप इसी तरह की स्थिति का सामना करते हैं?

6.1.1 प्रतिवर्ती क्रिया में क्या होता है?

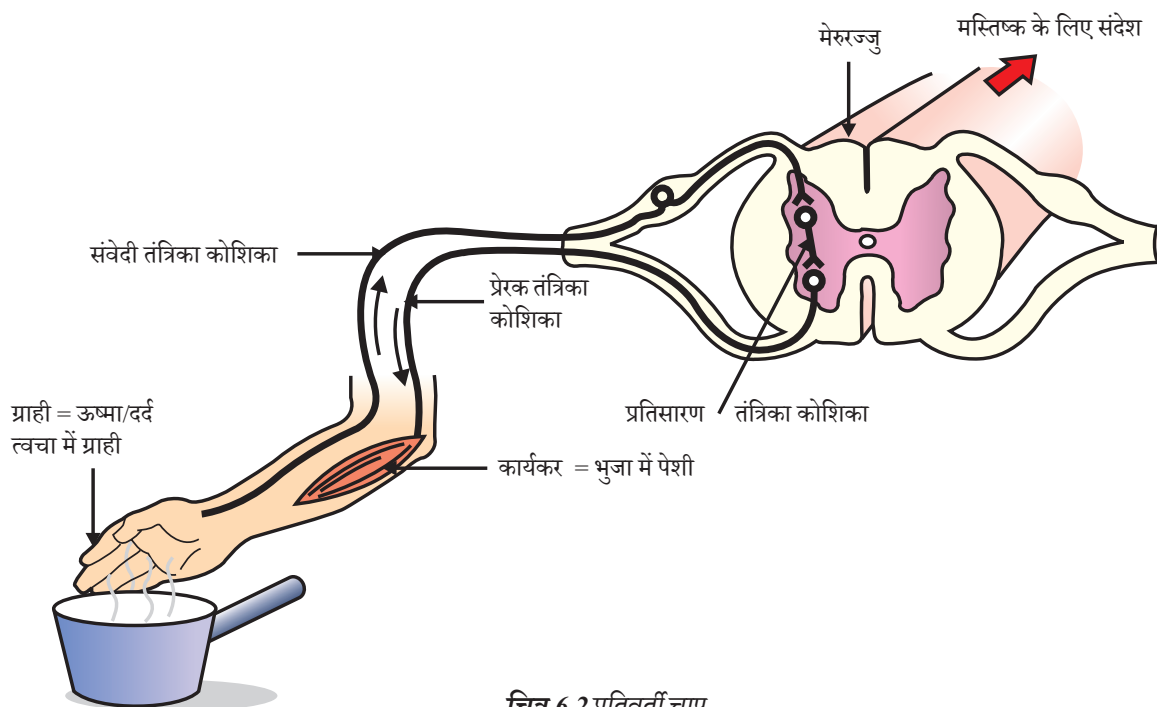
पर्यावरण में किसी घटना की अनुक्रिया के फलस्वरूप अचानक हुई क्रिया की चर्चा करते हैं तो बहुधा प्रतिवर्त शब्द का प्रयोग करते हैं। हम कहते हैं 'मैं प्रतिवर्तस्वरूप बस से कूद गया', या 'मैंने प्रतिवर्तस्वरूप आग की लौ से अपना हाथ पीछे खींच लिया' या 'मैं इतना भूखा था कि प्रतिवर्तस्वरूप मेरे मुँह में पानी आने लगा, इसका क्या अभिप्राय है? इन सभी उदाहरणों में एक सामान्य विचार आता है कि जो कुछ हम करते हैं उसके बारे में विचार नहीं करते हैं या अपनी क्रियाओं को नियंत्रण में महसूस नहीं करते हैं। फिर भी ये वे स्थितियाँ हैं, जहाँ हम अपने पर्यावरण में होने वाले परिवर्तनों के प्रति अनुक्रिया कर रहे हैं। इन परिस्थितियों में नियंत्रण व समन्वय कैसे प्राप्त किया जाता है?

इस पर फिर से विचार करते हैं। एक उदाहरण लेते हैं कि आग की लपट को छूना हमारे अथवा किसी भी जंतु के लिए एक दुराग्रही तथा खतरनाक स्थिति है। हम इसके प्रति कैसे अनुक्रिया करते? एक सरल विधि है कि हम विचार करें कि हमें आघात पहुँच सकता है और इसलिए हमें अपना हाथ हटा लेना चाहिए। तब एक आवश्यक प्रश्न आता है कि यह सब सोचने के लिए हमें कितना समय लगेगा? उत्तर निर्भर करता है कि हम किस प्रकार सोचते हैं। यदि तंत्रिका आवेग को उस ओर भेजा जाता है, जिसकी चर्चा हम पहले कर चुके हैं, तब इसी प्रकार के आवेग उत्पन्न करने के लिए मस्तिष्क द्वारा चिंतन भी आवश्यक है। विचार करना एक जटिल क्रिया है। अतः यह बहुत सी तंत्रिका कोशिकाओं के तंत्रिका आवेग की जटिल अन्योन्यक्रियाओं से जुड़ने के लिए बाध्य है।

यदि यह वस्तुस्थिति है तो कोई आश्चर्य नहीं कि हमारे शरीर में सोचने वाले ऊतक, जटिल रूप से व्यवस्थित न्यूरॉन के घने जाल से बने हैं। यह खोपड़ी में अग्र सिरे पर स्थित हैं तथा शरीर के सभी हिस्सों से संकेत प्राप्त करते हैं तथा उन पर अनुक्रिया से पहले विचार करते हैं। नि:संदेह, ये संकेत प्राप्त करने के लिए खोपड़ी में मस्तिष्क का सोचने वाला भाग तंत्रिकाओं द्वारा शरीर के विभिन्न भागों से जुड़ा होना चाहिए। इसी तरह यदि मस्तिष्क का यह भाग पेशियों को गति करने

का आदेश देता है तो तंत्रिकाएँ इन संकेतों को शरीर के विभिन्न भागों तक पहुँचाने का कार्य करती हैं। हम किसी गर्म वस्तु को छुएँ और हमें यह सब करना पड़े तो इसमें काफ़ी समय लगेगा कि हम जलन महसूस कर सकते हैं।

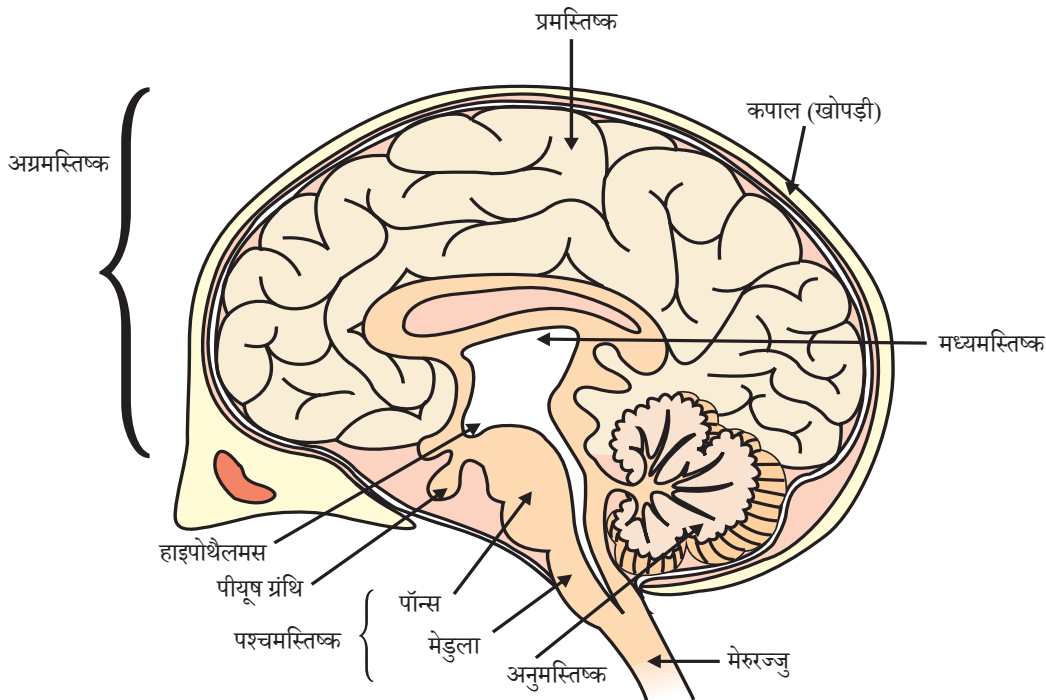
शरीर की डिज़ाइन किस तरह इस समस्या का हल करती है? ऊष्मा के संवेदन के बारे में सोचने की अपेक्षा यदि जो तंत्रिकाएँ ऊष्मा का पता लगाती हैं, उन्हें उन तंत्रिकाओं से जोड़ा जाए जो पेशियों को गति कराती हैं, तो जो प्रक्रम आगम संकेतों का पता लगाने तथा तद्नुसार निर्गम क्रिया को करने का कार्य करता है, वह अतिशीघ्र पूरा हो जाता है। आमतौर पर इस तरह के संबंधन को प्रतिवर्ती चाप (चित्र 6.2) कहते हैं। इस प्रकार के प्रतिवर्ती चाप को संबंधन आगत तंत्रिका तथा निर्गत तंत्रिका के मध्य कहाँ होना चाहिए? सबसे उपयुक्त स्थान शायद वही बिंदु होगा जहाँ सबसे पहले वे एक-दूसरे से मिलते हैं। पूरे शरीर की तंत्रिकाएँ मेरुरज्जु में मस्तिष्क को जाने वाले रास्ते में एक बंडल में मिलती हैं। प्रतिवर्ती चाप इसी मेरुरज्जु में बनते हैं, यद्यपि आगत सूचनाएँ मस्तिष्क तक भी जाती हैं।

अधिकतर जंतुओं में प्रतिवर्ती चाप इसलिए विकसित हुआ है, क्योंकि इनके मस्तिष्क के सोचने का प्रक्रम बहुत तेज़ नहीं है। वास्तव में अधिकांश जंतुओं में सोचने के लिए आवश्यक जटिल न्यूरॉन जाल या तो अल्प है या अनुपस्थित होता है। अतः यह स्पष्ट है कि वास्तविक विचार प्रक्रम की अनुपस्थिति में प्रतिवर्ती चाप का दक्ष कार्य प्रणाली के रूप में विकास हुआ है। यद्यपि जटिल न्यूरॉन जाल के अस्तित्व में आने के बाद भी प्रतिवर्ती चाप तुरंत अनुक्रिया के लिए एक अधिक दक्ष प्रणाली के रूप में कार्य करता है।

चित्र 6.2 *प्रतिवर्ती चाप*

क्या आप उन घटनाओं के क्रम को खोज सकते हैं, जो आपकी आँखों में तेज प्रकाश फोकस करने पर होती हैं।

6.1.2 मानव मस्तिष्क

क्या मेरुरज्जु का कार्य केवल प्रतिवर्ती क्रिया है? निश्चित रूप से नहीं, क्योंकि हम जानते हैं कि हम सोचने वाले प्राणी हैं। मेरुरज्जु तंत्रिकाओं की बनी होती है, जो सोचने के लिए सूचनाएँ प्रदान करती हैं। सोचने में अधिक जटिल क्रियाविधि तथा तंत्रिक संबंधन होते हैं। ये मस्तिष्क में संकेंद्रित होते हैं, जो शरीर का मुख्य समन्वय केंद्र है। मस्तिष्क तथा मेरुरज्जु केंद्रीय तंत्रिका तंत्र बनाते हैं (चित्र 6.3)। ये शरीर के सभी भागों से सूचनाएँ प्राप्त करते हैं तथा इसका समाकलन करते हैं।

हम अपनी क्रियाओं के बारे में भी सोचते हैं। लिखना, बात करना, एक कुर्सी घुमाना, किसी कार्यक्रम के समाप्त होने पर ताली बजाना इत्यादि ऐच्छिक क्रियाओं के उदाहरण हैं, जो आगे क्या करना है, के निर्णय पर आधारित हैं। अतः मस्तिष्क को भी पेशियों तक संदेश भेजने होते हैं। यह दूसरा मार्ग है, जिसमें तंत्रिका तंत्र पेशियों में संचार भेजता है। केंद्रीय तंत्रिका तंत्र तथा शरीर के अन्य भागों में संचार को परिधीय तंत्रिका तंत्र सुगमता प्रदान करता है, जो मस्तिष्क से निकलने वाली कपाल तंत्रिकाओं तथा मेरुरज्जु से निकलने वाली मेरु तंत्रिकाओं से बना होता है। इस प्रकार मस्तिष्क हमें सोचने की अनुमति तथा सोचने पर आधारित क्रिया करने की अनुमति प्रदान करता है। जैसी आपको संभावना होगी, यह एक जटिल अभिकल्पना द्वारा मस्तिष्क के विभिन्न भागों से, जो विभिन्न आगत एवं निर्गत सूचनाओं को समाकलित करने के लिए उत्तरदायी है, पूरा किया जाता है। मस्तिष्क में इस तरह के तीन मुख्य भाग या क्षेत्र होते हैं, जिनके नाम अग्रमस्तिष्क, मध्यमस्तिष्क तथा पश्चमस्तिष्क हैं।

चित्र 6.3 *मानव मस्तिष्क*

मस्तिष्क का मुख्य सोचने वाला भाग अग्रमस्तिष्क है। इसमें विभिन्न ग्राही से संवेदी आवेग (सूचनाएँ) प्राप्त करने के लिए क्षेत्र होते हैं। अग्रमस्तिष्क के अलग-अलग क्षेत्र सुनने, सूँघने, देखने आदि के लिए विशिष्टीकृत हैं। इसमें साहचर्य के क्षेत्र पृथक होते हैं, जहाँ इन संवेदी सूचनाओं, अन्य ग्राही से प्राप्त सूचनाओं एवं पहले से मस्तिष्क में एकत्र सूचनाओं का अर्थ लगाया जाता है। इस सब पर आधारित एक निर्णय लिया जाता है कि अनुक्रिया तथा सूचनाएँ प्रेरक क्षेत्र तक कैसे पहुँचाई जाएँ जो ऐच्छिक पेशी की गति को जैसे हमारी टाँग की पेशियाँ नियंत्रित करती हैं। हालाँकि प्रकृति में कुछ संवेदन देखने और सुनने से अधिक जटिल हैं, जैसे– हमें कैसे पता लगता कि हम पर्याप्त भोजन खा चुके हैं? हमारा पेट पूरा भरा है। यह जानने के लिए एक भूख से संबंधित केंद्र है, जो अग्रमस्तिष्क में एक अलग भाग है।

मानव मस्तिष्क के नामांकित चित्र का अध्ययन कीजिए। हम देख चुके हैं कि विभिन्न भागों के विशिष्ट कार्य हैं। अपने अध्यापक से परामर्श करके प्रत्येक भाग के कार्य का पता लगाइए।

आइए 'प्रतिवर्त' शब्द का दूसरा उपयोग भी देखते हैं, जैसी कि हमने प्रारंभ में चर्चा की थी। जब हम किसी ऐसे खाद्य पदार्थ को देखते हैं, जिसे हम पसंद करते हैं तो अनायास ही हमारे मुँह में पानी आ जाता है। हृदय स्पंदन के बारे में हम न भी सोचें तब भी यह होगा। वास्तव में इनके बारे में सोचकर या चाहकर भी आसानी से हम इन क्रियाओं पर नियंत्रण नहीं कर सकते हैं। क्या हमें साँस लेने के लिए या भोजन पचाने के लिए सोचना या याद करना पड़ता है? अतः सामान्य प्रतिवर्ती क्रिया जैसे पुतली के आकार में परिवर्तन तथा कोई सोची क्रिया जैसे कुर्सी खिसकाना के मध्य एक और पेशी गति का सेट है, जिस पर हमारे सोचने का कोई नियंत्रण नहीं है। इन अनैच्छिक क्रियाओं में से कई मध्यमस्तिष्क तथा पश्चमस्तिष्क से नियंत्रित होती हैं। ये सभी अनैच्छिक क्रियाएँ, जैसे– रक्तदाब, लार आना तथा वमन पश्चमस्तिष्क स्थित मेडुला द्वारा नियंत्रित होती हैं।

कुछ क्रियाओं जैसे सीधी रेखा में चलना, साइकिल चलाना, पेंसिल उठाना पर विचार कीजिए। ये पश्चमस्तिष्क में स्थित भाग अनुमस्तिष्क द्वारा ही संभव है, जो ऐच्छिक क्रियाओं की परिशुद्धि तथा शरीर की संस्थिति तथा संतुलन के लिए उत्तरदायी है। कल्पना कीजिए कि यदि हम इनके बारे में नहीं सोच रहे हैं और ये सभी घटनाएँ काम करना बंद कर दें, तो क्या होगा?

6.1.3 ये ऊतक रक्षित कैसे होते हैं?

मस्तिष्क की तरह कोमल अंग जो विविध क्रियाओं के लिए बहुत आवश्यक है, की सावधानीपूर्वक रक्षा भी होनी चाहिए। इसके लिए शरीर की अभिकल्पना इस प्रकार की है कि मस्तिष्क एक हड्डियों के बॉक्स में अवस्थित होता है। बॉक्स के अंदर तरलपूरित गुब्बारे में मस्तिष्क होता है, जो प्रघात अवशोषक उपलब्ध कराता है। यदि आप अपने हाथ को कमर के मध्य के नीचे ले जाएँ तो आप एक कठोर, उभार वाली संरचना का अनुभव करेंगे। यह कशेरुकदंड या रीढ़ की हड्डी है, जो मेरुरज्जु की रक्षा करती है।

6.1.4 तंत्रिका ऊतक कैसे क्रिया करता है?

अब तक हम तंत्रिका ऊतक की चर्चा कर रहे थे कि यह कैसे सूचना एकत्र करता है और इन्हें शरीर में भेजता है, सूचनाओं को संसाधित करता है, सूचनाओं के आधार पर निर्णय लेता है और पेशियों

2024-25

तक क्रिया के लिए निर्णय को संवाहित करता है। दूसरे शब्दों में, जब क्रिया या गति संपन्न होनी होती है, पेशी ऊतक अंतिम काम करेंगे। जंतु पेशी कैसे गति करती है? जब तंत्रिका आवेग पेशी तक पहुँचता है तो पेशी को गति करनी चाहिए। एक पेशी कोशिका कैसे गति करती है? कोशिकीय स्तर पर गति के लिए सबसे सरल धारणा है कि पेशी कोशिकाएँ अपनी आकृति बदलकर गति करती हैं। अतः आगामी प्रश्न है कि पेशी कोशिकाएँ आकृति कैसे बदलती हैं? इनका उत्तर कोशिकीय अवयव के रसायन में निहित है। पेशी कोशिकाओं में विशेष प्रकार की प्रोटीन होती है, जो उनकी आकृति तथा व्यवस्था दोनों को ही बदल देती है। कोशिका में यह तंत्रिका विद्युत आवेग की अनुक्रिया के फलस्वरूप होता है। जब यह घटना होती है तो इन प्रोटीन की नई व्यवस्था पेशी की नई आकृति देती है। स्मरण कीजिए जब हमने कक्षा 9 में पेशी ऊतक की चर्चा की थी तब भिन्न प्रकार की पेशियाँ जैसे ऐच्छिक पेशियाँ तथा अनैच्छिक पेशियाँ थीं। अब तक हमने जो चर्चा की है इसके आधार पर आपके विचार में इनमें क्या अंतर हो सकते हैं?

प्रश्न

1. प्रतिवर्ती क्रिया तथा टहलने के बीच क्या अंतर है?
2. दो तंत्रिका कोशिकाओं (न्यूरॉन) के मध्य अंतर्ग्रथन (सिनेप्स) में क्या होता है?
3. मस्तिष्क का कौन-सा भाग शरीर की स्थिति तथा संतुलन का अनुरक्षण करता है?
4. हम एक अगरबत्ती की गंध का पता कैसे लगाते हैं?
5. प्रतिवर्ती क्रिया में मस्तिष्क की क्या भूमिका है?

6.2 पादपों में समन्वय

शरीर की क्रियाओं के नियंत्रण तथा समन्वय के लिए जंतुओं में तंत्रिका तंत्र होता है, लेकिन पादपों में न तो तंत्रिका तंत्र होता है और न ही पेशियाँ। अतः वे उद्दीपन के प्रति अनुक्रिया कैसे करते हैं? जब हम छुई-मुई के पादप की पत्तियाँ छूते हैं तो वे मुड़ना प्रारंभ कर देती हैं तथा नीचे झुक जाती हैं। जब एक बीज अंकुरित होता है तो जड़ें नीचे की ओर जाती हैं तथा तना ऊपर की ओर आता है। जानते हो क्या होता है? छुई-मुई की पत्तियाँ स्पर्श की अनुक्रिया से बहुत तेज़ी से गति करती हैं। इस गति से वृद्धि का कोई संबंध नहीं है। दूसरी ओर, नवोद्भिद की दिशिक गति वृद्धि के कारण होती है। यदि इसकी वृद्धि को किसी प्रकार रोक दिया जाए तब यह कोई गति प्रदर्शित नहीं करेगा। अतः पादप दो भिन्न प्रकार की गतियाँ दर्शाते हैं– एक वृद्धि पर आश्रित है और दूसरी वृद्धि से मुक्त है।

6.2.1 उद्दीपन के लिए तत्काल अनुक्रिया

आइए, पहले प्रकार की गति पर विचार करते हैं, जैसे– छुई-मुई के पौधे की गति, क्योंकि यह वृद्धि से संबंधित नहीं है। पादप को स्पर्श की अनुक्रिया के फलस्वरूप अपनी पत्तियों में गति करनी चाहिए, लेकिन यहाँ कोई तंत्रिका ऊतक नहीं है और न ही कोई पेशी ऊतक। फिर पादप कैसे स्पर्श का संसूचन करता है और किस प्रकार अनुक्रिया में पत्तियाँ गति करती हैं?

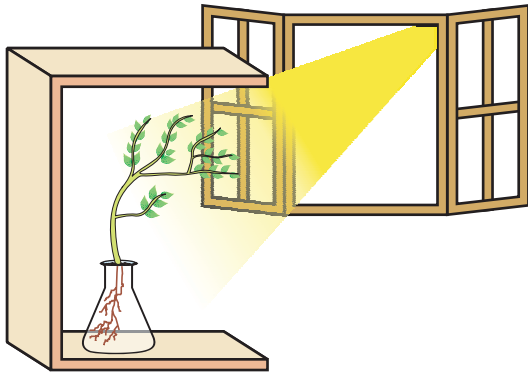
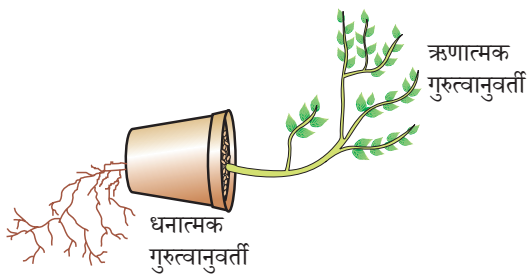
चित्र 6.4 छुई-मुई का पौधा

यदि हम विचार करें कि पौधे को किस बिंदु पर छुआ जाता है और पौधे के किस भाग में गति होती है। यह आभासी है कि स्पर्श वाला बिंदु तथा गति वाला बिंदु दोनों भिन्न हैं। अतः स्पर्श होने की सूचना संचारित होनी चाहिए। पादप इस सूचना को एक कोशिका से दूसरी कोशिका तक संचारित करने के लिए वैद्युत-रसायन साधन का उपयोग भी करते हैं लेकिन जंतुओं की तरह पादप में सूचनाओं के चालन के लिए कोई विशिष्टीकृत ऊतक नहीं होते हैं, अंत में जंतुओं की तरह ही गति करने के लिए कुछ कोशिकाओं को अपनी आकृति बदल लेनी चाहिए। पादप कोशिकाओं में जंतु पेशी कोशिकाओं की तरह विशिष्टीकृत प्रोटीन तो नहीं होतीं, अपितु वे जल की मात्रा में परिवर्तन करके अपनी आकृति बदल लेती हैं। परिणामस्वरूप फूलने या सिकुड़ने में उनका आकार बदल जाता है (चित्र 6.4)।

6.2.2 वृद्धि के कारण गति

मटर के पौधे की तरह कुछ पादप दूसरे पादप या बाड़ पर प्रतान की सहायता से ऊपर चढ़ते हैं। ये प्रतान, स्पर्श के लिए संवेदनशील हैं। जब ये किसी आधार के संपर्क में आते हैं तो प्रतान का वह भाग जो वस्तु के संपर्क में है, उतनी तीव्रता से वृद्धि नहीं करता है, जितना प्रतान का वह भाग, जो वस्तु से दूर रहता है। इस कारण प्रतान वस्तु को चारों ओर से जकड़ लेता है। आमतौर पर पादप धीरे से एक निश्चित दिशा में गति करके उद्दीपन के प्रति अनुक्रिया करते हैं, क्योंकि यह वृद्धि दिशिक है। इससे ऐसा लगता है कि पादप गति कर रहा है। आइए, इस प्रकार की गति को एक उदाहरण की सहायता से समझते हैं।

पर्यावरणीय प्रेरण जैसे प्रकाश या गुरुत्व पादप की वृद्धि वाले भाग में दिशा परिवर्तित कर देते हैं। ये दिशिक या अनुवर्तन गतियाँ उद्दीपन की ओर या इससे विपरीत दिशा में हो सकती हैं। अतः इन दो भिन्न प्रकार की प्रकाशानुवर्तन गतियों में प्ररोह प्रकाश की ओर मुड़कर अनुक्रिया तथा जड़ इससे दूर मुड़कर अनुक्रिया करते हैं (चित्र 6.5)। यह पादप की सहायता कैसे करता है?

पादप अन्य उद्दीपनों के लिए भी अनुक्रिया करके अनुवर्तन दिखाते हैं। एक पादप की जड़ सदैव नीचे की ओर वृद्धि करती है, जबकि प्ररोह प्रायः ऊपर की ओर तथा पृथ्वी से दूर वृद्धि करते हैं। यह प्ररोह तथा जड़ में क्रमशः उपरिगामी तथा अधोगामी वृद्धि पृथ्वी या गुरुत्व के खिंचाव की अनुक्रिया (चित्र 6.6) निःसंदेह गुरुत्वानुवर्तन है। यदि जल का अर्थ पानी तथा रसायन का अर्थ

चित्र 6.5 प्रकाश की दिशा में पादप की अनुक्रिया

चित्र 6.6 गुरुत्वानुवर्तन दिखाता पादप

क्रियाकलाप 6.2

- एक शंकु फ्लास्क को जल से भर लीजिए।
- फ्लास्क की ग्रीवा को तार के जाल से ढक दीजिए।
- एक ताज़ा छोटा सेम का पौधा तार की जाली पर इस प्रकार रख दीजिए कि उसकी जड़ें जल में भीगी रहें।
- एक ओर से खुला हुआ गत्ते का एक बॉक्स लीजिए।
- फ्लास्क को बॉक्स में इस प्रकार रखिए कि बॉक्स की खुली साइड खिड़की की ओर हो जहाँ से प्रकाश आ रहा है (चित्र 6.5)।
- दो या तीन दिन बाद आप देखेंगे कि प्ररोह प्रकाश की ओर झुक जाता है तथा जड़ें प्रकाश से दूर चली जाती हैं।
- अब फ्लास्क को इस प्रकार घुमाइए कि प्ररोह प्रकाश से दूर तथा जड़ प्रकाश की ओर हो जाएँ। इसे इस अवस्था में कुछ दिन के लिए विक्षोभरहित छोड़ दीजिए।
- क्या प्ररोह और जड़ के पुराने भागों ने दिशा बदल दी है।
- क्या ये अंतर नई वृद्धि की दिशा में हैं?
- इस क्रियाकलाप से हम क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

रासायनिक पदार्थ हो तो जलानुवर्तन तथा रसायनानुवर्तन का क्या अर्थ होगा? क्या हम इस प्रकार के दिशिक वृद्धि गतियों के उदाहरणों के बारे में विचार कर सकते हैं? रसायनानुवर्तन का एक उदाहरण पराग नलिका का बीजांड की ओर वृद्धि करना है, जिसके बारे में हम अधिक जानकारी जीवों में जनन प्रक्रम का अध्ययन करते समय प्राप्त करेंगे।

आइए, एक बार हम फिर विचार करते हैं कि बहुकोशिकीय जीवों के शरीर में सूचनाएँ किस प्रकार संचारित होती हैं। छुई-मुई में स्पर्श की अनुक्रिया की गति बहुत तीव्र है। दूसरी ओर रात और दिन की अनुक्रिया में पुष्पों की गति बहुत मंद है। पादप की वृद्धि संबंधित गतियाँ भी मंद होती हैं।

जंतु शरीर में भी वृद्धि के लिए सावधानीपूर्वक नियंत्रित दिशाएँ हैं। हमारी भुजा और अँगुलियाँ यादृच्छ न होकर एक निश्चित दिशा में वृद्धि करती हैं। नियंत्रित गति मंद या तीव्र हो सकती है। यदि उद्दीपन के लिए तीव्र अनुक्रिया होती है तो सूचनाओं का स्थानांतरण भी बहुत तीव्र होना चाहिए। इसके लिए तीव्र गति से चलने के लिए संचरण का माध्यम होना चाहिए। इसके लिए विद्युत आवेग एक उत्तम साधन है, लेकिन विद्युत आवेग के उपयोग के लिए सीमाएँ हैं। सर्वप्रथम वे केवल उन्हीं कोशिकाओं तक पहुँचेंगी, जो तंत्रिका ऊतक से जुड़ी हैं, जंतु शरीर की प्रत्येक कोशिका तक नहीं। दूसरे, एक बार एक कोशिका में विद्युत आवेग जनित होता है तथा संचरित होता है तो पुनः नया आवेग जनित करने तथा उसे संचरित करने के लिए कोशिका फिर से अपनी कार्यविधि को सुचारु करने के लिए कुछ समय लेगी। दूसरे शब्दों में कोशिकाएँ सतत विद्युत आवेग न जनित और न ही संचरित कर सकती हैं। इसमें कोई आश्चर्य नहीं कि अधिकांश बहुकोशिकीय जीव कोशिकाओं

के मध्य संचार के लिए अन्य साधनों का उपयोग करते हैं। हम पहले ही रासायनिक संचरण का संदर्भ दे चुके हैं।

यदि एक विद्युत आवेग जनित करने के अलावा उद्दीपित कोशिकाएँ एक रासायनिक यौगिक निर्मोचित करना प्रारंभ कर दें तो यह यौगिक आस-पास की सभी कोशिकाओं में विसरित हो जाएगा। यदि आस-पास की अन्य कोशिकाओं के पास इस यौगिक को संसूचित (detect) करने के साधन हों तो उनकी सतह पर विशेष अणुओं का उपयोग करके वे सूचनाओं का अभिज्ञान (recognise) करने योग्य होंगे तथा इन्हें संचारित भी करेंगे। हालाँकि यह प्रक्रम बहुत धीमा होगा, लेकिन यह तंत्रिका संबंधन के बिना भी शरीर की सभी कोशिकाओं तक पहुँचेगा तथा इसे अपरिवर्ती तथा स्थायी बनाया जा सकता है। बहुकोशिकीय जंतुओं द्वारा नियंत्रण एवं समन्वय के लिए प्रयुक्त ये हॉर्मोन हमारी आशा के अनुरूप विविधता दर्शाते हैं। विविध पादप हॉर्मोन वृद्धि, विकास तथा पर्यावरण के प्रति अनुक्रिया के समन्वय में सहायता करते हैं। इनके संश्लेषण का स्थान इनके क्रिया क्षेत्र से दूर होता है और साधारण विसरण द्वारा वे क्रिया क्षेत्र तक पहुँच जाते हैं।

आइए, हम एक उदाहरण लेते हैं जो हम पहले (क्रियाकलाप 6.2) कर चुके हैं। जब वृद्धि करता पादप प्रकाश को संसूचित (detect) करता है। एक हॉर्मोन जिसे ऑक्सिन कहते हैं, यह प्ररोह के अग्रभाग (टिप) में संश्लेषित होता है तथा कोशिकाओं की लंबाई में वृद्धि में सहायक होता है। जब पादप पर एक ओर से प्रकाश आ रहा है तब ऑक्सिन विसरित होकर प्ररोह के छाया वाले भाग में आ जाता है। प्ररोह की प्रकाश से दूर वाली साइड में ऑक्सिन का सांद्रण कोशिकाओं को लंबाई में वृद्धि के लिए उद्दीपित करता है। अतः पादप प्रकाश की ओर मुड़ता हुआ दिखाई देता है।

पादप हॉर्मोन का दूसरा उदाहरण जिब्बेरेलिन हैं, जो ऑक्सिन की तरह तने की वृद्धि में सहायक होते हैं। साइटोकाइनिन कोशिका विभाजन को प्रेरित करता है और इसीलिए यह उन क्षेत्रों में जहाँ कोशिका विभाजन तीव्र होता है, विशेष रूप से फलों और बीजों में अधिक सांद्रता में पाया जाता है। ये उन पादप हॉर्मोन के उदाहरण हैं जो वृद्धि में सहायता करते हैं, लेकिन पादप की वृद्धि संदमन के लिए भी संकेतों की आवश्यकता है। एब्सिसिक अम्ल वृद्धि का संदमन करने वाले हॉर्मोन का एक उदाहरण है। पत्तियों का मुरझाना इसके प्रभावों में सम्मिलित है।

6.3 जंतुओं में हॉर्मोन

ये रसायन या हॉर्मोन जंतुओं में किस प्रकार सूचनाओं के संचरण के साधन की तरह प्रयुक्त होते हैं। कुछ जंतु जैसे गिलहरी को लीजिए, जब वे विषम परिस्थिति में होती हैं तो क्या महसूस करती हैं? वे अपना शरीर लड़ने के लिए या भाग जाने के लिए तैयार करती हैं। दोनों ही बहुत जटिल क्रियाएँ हैं, जिसे नियंत्रित तरीके से अत्यधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। अनेक प्रकार के भिन्न ऊतकों का उपयोग होगा तथा उनकी एकीकृत क्रियाएँ मिलकर ये कार्य करेंगे। यद्यपि लड़ना या दौड़ना, दो एकांतर क्रियाएँ एक-दूसरे से बिलकुल भिन्न हैं। अतः यहाँ एक स्थिति है, जिसमें कुछ सामान्य तैयारियाँ शरीर में लाभप्रद बनाई जाती हैं। ये तैयारियाँ आदर्श रूप से निकट भविष्य में किसी भी क्रिया को सरल बना देती हैं। यह सब कैसे उपलब्ध होगा?

प्रश्न

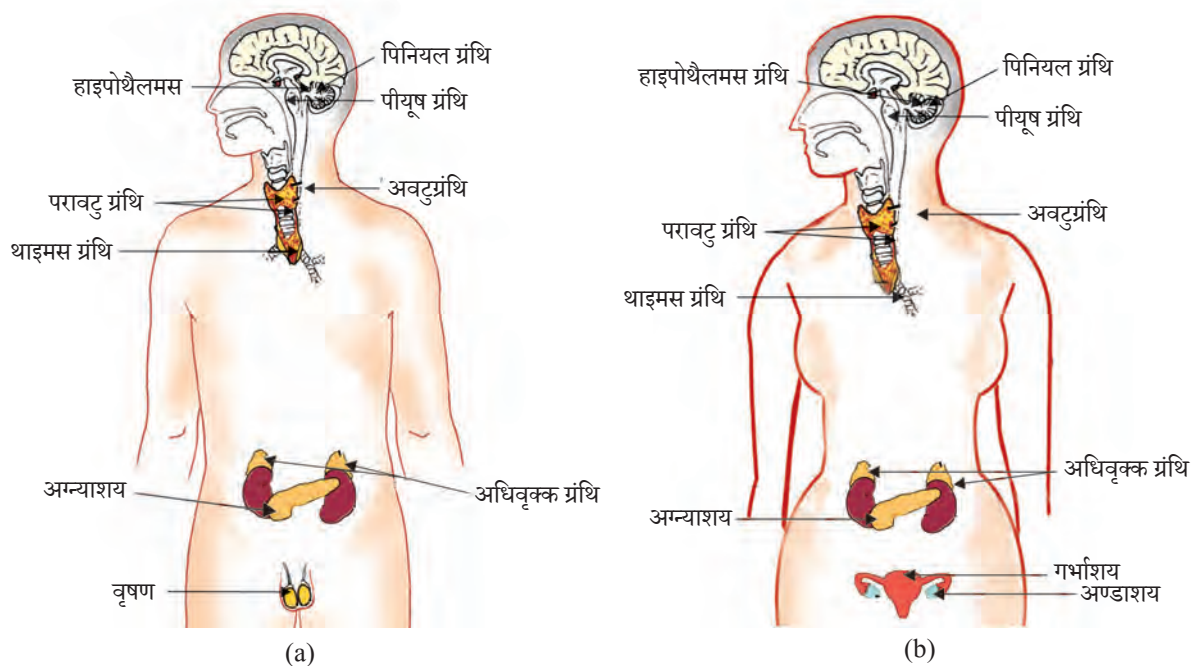
1. पादप हॉर्मोन क्या हैं?
2. छुई-मुई पादप की पत्तियों की गति, प्रकाश की ओर प्ररोह की गति से किस प्रकार भिन्न है?
3. एक पादप हॉर्मोन का उदाहरण दीजिए जो वृद्धि को बढ़ाता है।
4. किसी सहारे के चारों ओर एक प्रतान की वृद्धि में ऑक्सिन किस प्रकार सहायक है?
5. जलानुवर्तन दर्शाने के लिए एक प्रयोग की अभिकल्पना कीजिए।

यदि गिलहरी में शरीर अभिकल्प तंत्रिका कोशिकाओं द्वारा केवल विद्युत आवेग पर आश्रित होगा तो आगामी क्रिया को करने के लिए प्रशिक्षित ऊतकों का परिसर सीमित होगा। दूसरी ओर, यदि रासायनिक संकेत भी भेजा जाता तो यह शरीर की सभी कोशिकाओं तक पहुँचता और आवश्यक परिवर्तित परिसर बृहत हो जाता। अधिवृक्क ग्रंथि से स्रावित एड्रीनलीन हॉर्मोन द्वारा मनुष्य सहित अनेक जंतुओं में यह किया जाता है। इन ग्रंथियों की शरीर में स्थिति जानने के लिए चित्र 6.7 देखिए।

एड्रीनलीन सीधा रुधिर में स्रावित हो जाता है और शरीर के विभिन्न भागों तक पहुँचा दिया जाता है। हृदय सहित यह लक्ष्य अंगों या विशिष्ट ऊतकों पर कार्य करता है। परिणामस्वरूप हृदय की धड़कन बढ़ जाती है ताकि हमारी पेशियों को अधिक ऑक्सीजन की आपूर्ति हो सके। पाचन तंत्र तथा त्वचा में रुधिर की आपूर्ति कम हो जाती है, क्योंकि इन अंगों की छोटी धमनियों के आस-पास की पेशियाँ सिकुड़ जाती हैं। यह रुधिर की दिशा हमारी कंकाल पेशियों की ओर कर देता है। डायाफ्राम तथा पसलियों की पेशी के संकुचन से श्वसन दर भी बढ़ जाती है। ये सभी अनुक्रियाएँ मिलकर जंतु शरीर को स्थिति से निपटने के लिए तैयार करती हैं। ये जंतु हॉर्मोन अंतःस्रावी ग्रंथियों का भाग हैं, जो हमारे शरीर में नियंत्रण एवं समन्वय का दूसरा मार्ग है।

स्मरण कीजिए कि पादपों में हॉर्मोन होते हैं, जो दिशिक वृद्धि को नियंत्रित करते हैं। जंतु हॉर्मोन क्या कार्य करते हैं? इसके बारे में, हम उनकी भूमिका की कल्पना दिशिक वृद्धि में नहीं कर सकते हैं। हमने किसी जंतु को प्रकाश या गुरुत्व पर आश्रित किसी एक दिशा में अधिक वृद्धि करते कभी नहीं देखा है! लेकिन यदि हम इसके बारे में और अधिक चिंतन करें तो यह साक्षी होगा कि जंतु शरीर में भी सावधानीपूर्वक नियंत्रित स्थानों पर वृद्धि होती है। उदाहरण के लिए पादप अपने शरीर

क्रियाकलाप 6.3

- चित्र 6.7 देखिए।
- चित्र में दशाई गई अंतःस्रावी ग्रंथियों की पहचान कीजिए।
- इनमें से कुछ ग्रंथियों को पुस्तक में वर्णित किया गया है। पुस्तकालय में पुस्तकों की सहायता से एवं अध्यापकों के साथ चर्चा करके सारणी 6.1 में सूचीबद्ध अन्य ग्रंथियों के बारे में जानकारी प्राप्त करें।

चित्र 6.7 *मानव की अंतःस्रावी ग्रंथियाँ (a) नर, (b) मादा*

पर अनेक स्थानों पर पत्तियाँ उगाते हैं, लेकिन हम अपने चेहरे पर अँगुलियाँ नहीं उगाते हैं। हमारे शरीर की अभिकल्पना, बच्चों की वृद्धि के समय भी सावधानीपूर्वक अनुरक्षित है।

यह समझने के लिए कि समन्वित वृद्धि में हॉर्मोन कैसे सहायता करते हैं? आइए, कुछ उदाहरणों की परीक्षा करते हैं। नमक के पैकेट पर हम सबने देखा है 'आयोडीन युक्त नमक' या 'आयोडीन से संवर्धित।' हमें अपने आहार में आयोडीन युक्त नमक लेना क्यों आवश्यक है? अवटुग्रंथि को थायरॉक्सिन हॉर्मोन बनाने के लिए आयोडीन आवश्यक है। थॉयरॉक्सिन कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन तथा वसा के उपापचय का, हमारे शरीर में नियंत्रण करता है ताकि वृद्धि के लिए उत्कृष्ट संतुलन उपलब्ध कराया जा सके। थायरॉक्सिन के संश्लेषण के लिए आयोडीन अनिवार्य है। यदि हमारे आहार में आयोडीन की कमी है तो यह संभावना है कि हम गॉयटर से ग्रसित हो सकते हैं। इस बीमारी का एक लक्षण फूली हुई गर्दन है। क्या आप इसे चित्र 6.7 में अवटुग्रंथि की स्थिति से संबंधित कर सकते हो?

कभी-कभी हम ऐसे व्यक्तियों के संपर्क में आते हैं, जो बहुत छोटे (बौने) होते हैं या बहुत अधिक लंबे होते हैं। क्या आपको कभी आश्चर्य हुआ है यह कैसे होता है? पीयूष ग्रंथि से स्रावित होने वाले हॉर्मोन में एक वृद्धि हॉर्मोन है। जैसा इसका नाम इंगित करता है वृद्धि हॉर्मोन शरीर की वृद्धि और विकास को नियंत्रित करता है। यदि बाल्यकाल में इस हॉर्मोन की कमी हो जाती है तो यह बौनापन का कारण बनता है।

जब आप या आपके दोस्तों की आयु 10–12 वर्ष रही होगी तो आपने अपने और उनके अंदर कई नाटकीय अंतर देखे होंगे। ये परिवर्तन यौवनारंभ से संबद्ध हैं, क्योंकि नर में टेस्टोस्टेरोन तथा मादा में एस्ट्रोजन का स्रावण होता है।

क्या आप अपने परिवार या दोस्तों में किसी को जानते हो, जिन्हें डॉक्टर ने अपने आहार में कम शर्करा लेने की सलाह दी हो, क्योंकि वे मधुमेह के रोगी हैं। उपचार के रूप में वे इंसुलिन का इंजेक्शन भी ले रहे हों। यह एक हॉर्मोन है, जिसका उत्पादन अग्न्याशय में होता है और जो रुधिर में शर्करा स्तर को नियंत्रित करने में सहायता करता है। यदि यह उचित मात्रा में स्रावित नहीं होता है तो रुधिर में शर्करा स्तर बढ़ जाता है और कई हानिकारक प्रभाव का कारण बनता है।

यदि यह इतना आवश्यक है कि हॉर्मोन का स्रावण परिशुद्ध मात्रा में होना चाहिए तो हमें एक क्रियाविधि की आवश्यकता है, जिससे यह किया जाता है। स्रावित होने वाले हॉर्मोन का समय और मात्रा का नियंत्रण पुनर्भरण क्रियाविधि से किया जाता है, उदाहरण के लिए— यदि रुधिर में शर्करा स्तर बढ़ जाता है तो इसे अग्न्याशय की कोशिका संसूचित (detect) कर लेती है तथा इसकी अनुक्रिया में अधिक इंसुलिन स्रावित करती है। जब रुधिर में शर्करा स्तर कम हो जाता है तो इंसुलिन का स्रावण कम हो जाता है।

क्रियाकलाप 6.4

हार्मोन अतःस्रावी ग्रंथियों द्वारा स्रावित होते हैं, जिनके विशिष्ट कार्य होते हैं।

हार्मोन, अतःस्रावी ग्रंथियों व दिए गए कुछ महत्वपूर्ण हार्मोन तथा उनके कार्यों के आधार पर सारणी 6.1 को पूर्ण कीजिए।

सारणी 6.1 कुछ महत्वपूर्ण हार्मोन तथा उनके कार्य।

क्र.सं.	हार्मोन	अतःस्त्रावी ग्रंथि	कार्य
1.	वृद्धि हार्मोन	पीयूष ग्रंथि (पीट्यूटरी)	सभी अंगों में वृद्धि प्रेरित करता है।
2.	–	थायरॉइड ग्रंथि	शरीर की वृद्धि के लिए उपापचय का नियमन करता है।
3.	इंसुलिन	–	रक्त में शर्करा स्तर का नियमन करता है।
4.	टेस्टेस्टेरॉन	वृषण	
5.	–	अण्डाशय	मादा लैंगिक अंगों का विकास व मासिक चक्र का नियमन करता है।
6.	एड्रीनलीन	एड्रीनल ग्रंथि	–
7.	मोचक हार्मोन		पीट्यूटरी ग्रंथि से हार्मोन के स्राव को प्रेरित करता है।

प्रश्न

1. जंतुओं में रासायनिक समन्वय कैसे होता है?
2. आयोडीन युक्त नमक के उपयोग की सलाह क्यों दी जाती है?
3. जब एड्रीनलीन रुधिर में स्रावित होती है तो हमारे शरीर में क्या अनुक्रिया होती है?
4. मधुमेह के कुछ रोगियों की चिकित्सा इंसुलिन का इंजेक्शन देकर क्यों की जाती है?

आपने क्या सीखा

- हमारे शरीर में नियंत्रण एवं समन्वय का कार्य तंत्रिका तंत्र तथा हॉर्मोन का है।
- तंत्रिका तंत्र की अनुक्रिया को प्रतिवर्ती क्रिया, ऐच्छिक क्रिया या अनैच्छिक क्रिया में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- संदेश संचारित करने के लिए तंत्रिका तंत्र विद्युत आवेग को प्रयुक्त करता है।
- तंत्रिका तंत्र हमारी ज्ञानेंद्रियों द्वारा सूचना प्राप्त करता है तथा हमारी पेशियों द्वारा क्रिया करता है।
- रासायनिक समन्वय पादप और जंतु दोनों में देखा जाता है।
- हॉर्मोन जीव के एक भाग में उत्पन्न होते हैं तथा दूसरे भाग में इच्छित प्रभाव पाने के लिए गति करते हैं।
- हॉर्मोन की क्रिया को पुनर्भरण क्रियाविधि नियंत्रित करती है।

अभ्यास

1. निम्नलिखित में से कौन-सा पादप हॉर्मोन है?
   (a) इंसुलिन (b) थायरॉक्सिन
   (c) एस्ट्रोजन (d) साइटोकाइनिन
2. दो तंत्रिका कोशिका के मध्य खाली स्थान को कहते हैं—
   (a) द्रुमिका (b) सिनेप्स
   (c) एक्सॉन (d) आवेग
3. मस्तिष्क उत्तरदायी है—
   (a) सोचने के लिए (b) हृदय स्पंदन के लिए
   (c) शरीर का संतुलन बनाने के लिए (d) उपरोक्त सभी
4. हमारे शरीर में ग्राही का क्या कार्य है? ऐसी स्थिति पर विचार कीजिए जहाँ ग्राही उचित प्रकार से कार्य नहीं कर रहे हों। क्या समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं?
5. एक तंत्रिका कोशिका (न्यूरॉन) की संरचना बनाइए तथा इसके कार्यों का वर्णन कीजिए।
6. पादप में प्रकाशानुवर्तन किस प्रकार होता है?
7. मेरुरज्जु आघात में किन संकेतों के आने में व्यवधान होगा?
8. पादप में रासायनिक समन्वय किस प्रकार होता है?
9. एक जीव में नियंत्रण एवं समन्वय के तंत्र की क्या आवश्यकता है?
10. अनैच्छिक क्रियाएँ तथा प्रतिवर्ती क्रियाएँ एक-दूसरे से किस प्रकार भिन्न हैं?
11. जंतुओं में नियंत्रण एवं समन्वय के लिए तंत्रिका तथा हॉर्मोन क्रियाविधि की तुलना तथा व्यतिरेक (contrast) कीजिए।
12. छुई-मुई पादप में गति तथा हमारी टाँग में होने वाली गति के तरीके में क्या अंतर है?

अध्याय 7
जीव जनन कैसे करते हैं

जीवों के जनन की क्रिया-विधि पर चर्चा करने से पूर्व आइए, हम एक मूलभूत प्रश्न करें– कि जीव जनन क्यों करते हैं? वास्तव में पोषण, श्वसन अथवा उत्सर्जन जैसे आवश्यक जैव-प्रक्रमों की तुलना में किसी व्यष्टि (जीव) को जीवित रहने के लिए जनन आवश्यक नहीं है। दूसरी ओर, जीव को संतति उत्पन्न करने के लिए अत्यधिक ऊर्जा व्यय करनी पड़ती है। फिर जीव उस प्रक्रम में अपनी ऊर्जा व्यर्थ क्यों करे, जो उसके जीवित रहने के लिए आवश्यक नहीं है? कक्षा में इस प्रश्न के संभावित उत्तर खोजना अत्यंत रोचक होगा।

इस प्रश्न का जो भी उत्तर हो, परंतु यह स्पष्ट है कि हमें विभिन्न जीव इसीलिए दृष्टिगोचर होते हैं, क्योंकि वे जनन करते हैं। यदि वह जीव एकल होता तथा कोई भी जनन द्वारा अपने सदृश व्यष्टि उत्पन्न नहीं करता, तो संभव है कि हमें उनके अस्तित्व का पता भी नहीं चलता। किसी प्रजाति में पाए जाने वाले जीवों की विशाल संख्या ही हमें उसके अस्तित्व का ज्ञान कराती है। हमें कैसे पता चलता है कि दो व्यष्टि एक ही प्रजाति के सदस्य हैं? सामान्यतः हम ऐसा इसलिए कहते हैं, क्योंकि वे एकसमान दिखाई देते हैं। अतः जनन करने वाले जीव संतति का सृजन करते हैं जो बहुत सीमा तक उनके समान दिखते हैं।

7.1 क्या जीव पूर्णतः अपनी प्रतिकृति का सृजन करते हैं?

विभिन्न जीवों की अभिकल्प, आकार एवं आकृति समान होने के कारण ही वे सदृश प्रतीत होते हैं। शरीर का अभिकल्प समान होने के लिए उनका ब्लूप्रिंट भी समान होना चाहिए। अतः अपने आधारभूत स्तर पर जनन जीव के अभिकल्प का ब्लूप्रिंट तैयार करता है। कक्षा 9 में आप पढ़ चुके हैं कि कोशिका के केंद्रक में पाए जाने वाले गुणसूत्रों के डी.एन.ए.–DNA (डि. आक्सीराइबोन्यूक्लीक अम्ल) के अणुओं में आनुवंशिक गुणों का संदेश होता है, जो जनक से संतति पीढ़ी में जाता है। कोशिका के केंद्रक के डी.एन.ए. में प्रोटीन संश्लेषण हेतु सूचना निहित होती है। इस संदेश के भिन्न होने की अवस्था में बनने वाली प्रोटीन भी भिन्न होगी। विभिन्न प्रोटीन के कारण अंततः शारीरिक अभिकल्प में भी विविधता होगी।

अतः जनन की मूल घटना डी.एन.ए. (DNA) की प्रतिकृति बनाना है। डी.एन.ए. की प्रतिकृति बनाने के लिए कोशिकाएँ विभिन्न रासायनिक क्रियाओं का उपयोग करती हैं। जनन कोशिका में इस प्रकार डी.एन.ए. की दो प्रतिकृतियाँ बनती हैं तथा उनका एक-दूसरे से अलग होना आवश्यक

है। परंतु डी.एन.ए. की एक प्रतिकृति को मूल कोशिका में रखकर दूसरी प्रतिकृति को उससे बाहर निकाल देने से काम नहीं चलेगा, क्योंकि दूसरी प्रतिकृति के पास जैव-प्रक्रमों के अनुरक्षण हेतु संगठित कोशिकीय संरचना तो नहीं होगी। इसलिए डी.एन.ए. की प्रतिकृति बनने के साथ-साथ दूसरी कोशिकीय संरचनाओं का सृजन भी होता रहता है। इसके बाद डी.एन.ए. की प्रतिकृतियाँ विलग हो जाती हैं। परिणामतः एक कोशिका विभाजित होकर दो कोशिकाएँ बनाती है।

यह दोनों कोशिकाएँ यद्यपि एकसमान हैं, परंतु क्या वे पूर्णरूपेण समरूप हैं? इस प्रश्न का उत्तर इस बात पर निर्भर करता है कि प्रतिकृति की प्रक्रियाएँ कितनी यथार्थता से संपादित होती हैं। कोई भी जैव-रासायनिक प्रक्रिया पूर्णरूपेण विश्वसनीय नहीं होती। अतः यह अपेक्षित है कि डी.एन.ए. प्रतिकृति की प्रक्रिया में कुछ विभिन्नता आएगी। परिणामतः बनने वाली डी.एन.ए. प्रतिकृतियाँ एकसमान तो होंगी, परंतु मौलिक डी.एन.ए. का समरूप नहीं होंगी। हो सकता है कि कुछ विभिन्नताएँ इतनी उग्र हों कि डी.एन.ए. की नई प्रतिकृति अपने कोशिकीय संगठन के साथ समायोजित नहीं हो पाए। इस प्रकार की संतति कोशिका मर जाती है। दूसरी ओर डी.एन.ए. प्रतिकृति की अनेक विभिन्नताएँ इतनी उग्र नहीं होतीं। अतः संतति कोशिकाएँ समान होते हुए भी किसी न किसी रूप में एक दूसरे से भिन्न होती हैं। जनन में होने वाली यह विभिन्नताएँ जैव-विकास का आधार हैं, जिसकी चर्चा हम अगले अध्याय में करेंगे।

7.1.1 विभिन्नता का महत्व

अपनी जनन क्षमता का उपयोग कर जीवों की समष्टि पारितंत्र में स्थान अथवा निकेत ग्रहण करते हैं। जनन के दौरान डी.एन.ए. प्रतिकृति का अविरोध जीव की शारीरिक संरचना एवं डिज़ाइन के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है, जो उसे विशिष्ट निकेत के योग्य बनाती है। अतः किसी प्रजाति (स्पीशीज़) की समष्टि के स्थायित्व का संबंध जनन से है।

परंतु, निकेत में अनेक परिवर्तन आ सकते हैं, जो जीवों के नियंत्रण से बाहर हैं। पृथ्वी का ताप कम या अधिक हो सकता है, जल स्तर में परिवर्तन अथवा किसी उल्का पिंड का टकराना इसके कुछ उदाहरण हैं। यदि एक समष्टि अपने निकेत के अनुकूल है तथा निकेत में कुछ उग्र परिर्वतन आते हैं तो ऐसी अवस्था में समष्टि का समूल विनाश भी संभव है, परंतु यदि समष्टि के जीवों में कुछ विभिन्नता होगी तो उनके जीवित रहने की कुछ संभावना है। अतः यदि शीतोष्ण जल में पाए जाने वाले जीवाणुओं की कोई समष्टि है तथा वैश्विक ऊष्मीकरण (global warming) के कारण जल का ताप बढ़ जाता है तो अधिकतर जीवाणु व्यष्टि मर जाएँगे, परंतु उष्ण प्रतिरोधी क्षमता वाले कुछ परिवर्त ही जीवित रहते हैं तथा वृद्धि करते हैं। अतः विभिन्नताएँ स्पीशीज की उत्तरजीविता बनाए रखने में उपयोगी हैं।

प्रश्न

1. डी.एन.ए. प्रतिकृति का प्रजनन में क्या महत्त्व है?
2. जीवों में विभिन्नता स्पीशीज़ के लिए तो लाभदायक है, परंतु व्यष्टि के लिए आवश्यक नहीं है, क्यों?

2024-25

7.2 एकल जीवों में प्रजनन की विधि

क्रियाकलाप 7.1

- 100 mL जल में लगभग 10 g चीनी को घोलिए।
- एक परखनली में इस विलयन का 20 mL लेकर उसमें एक चुटकी यीस्ट पाउडर डालिए।
- परखनली के मुख को रुई से ढक कर किसी गर्म स्थान पर रखिए।
- 1 या 2 घंटे पश्चात, परखनली से यीस्ट-संवर्ध की एक बूँद स्लाइड पर लेकर उस पर कवर-स्लिप रखिए।
- सूक्ष्मदर्शी की सहायता से स्लाइड का प्रेक्षण कीजिए।

क्रियाकलाप 7.2

- डबल रोटी के एक टुकड़े को जल में भिगोकर ठंडे, नम तथा अँधेरे स्थान पर रखिए।
- आवर्धक लेंस की सहायता से स्लाइस की सतह का निरीक्षण कीजिए।
- अपने एक सप्ताह के प्रेक्षण कॉपी में रिकॉर्ड कीजिए।

यीस्ट की वृद्धि एवं दूसरे क्रियाकलाप में कवक की वृद्धि के तरीके की तुलना कीजिए तथा ज्ञात कीजिए कि इनमें क्या अंतर है।

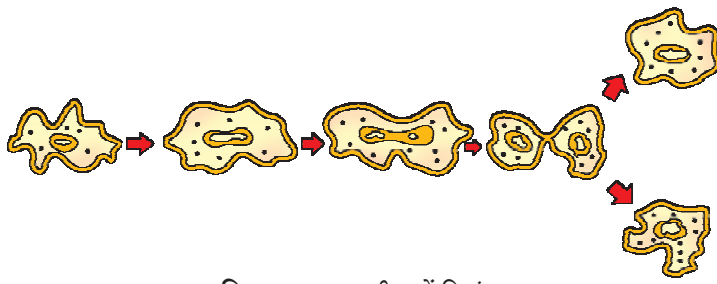
इस चर्चा के बाद कि जनन किस प्रकार कार्य करता है? आइए, हम जानें कि विभिन्न जीव वास्तव में किस प्रकार जनन करते हैं। विभिन्न जीवों के जनन की विधि उनके शारीरिक अभिकल्प पर निर्भर करती है।

7.2.1 विखंडन

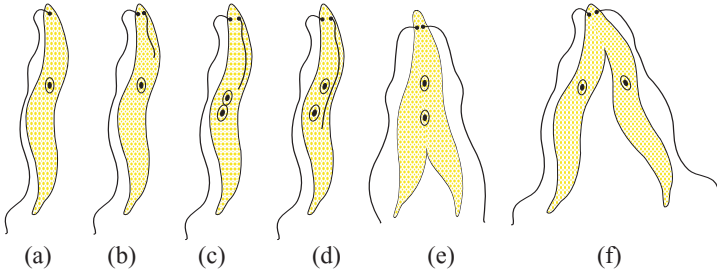
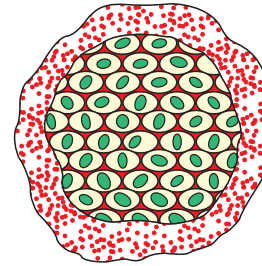
एककोशिक जीवों में कोशिका विभाजन अथवा विखंडन द्वारा नए जीवों की उत्पत्ति होती है। विखंडन के अनेक तरीके प्रेक्षित किए गए। अनेक जीवाणु तथा प्रोटोजोआ की कोशिका विभाजन द्वारा सामान्यतः दो बराबर भागों में विभक्त हो जाती है। अमीबा जैसे जीवों में कोशिका विभाजन किसी भी तल से हो सकता है।

क्रियाकलाप 7.3

- अमीबा की स्थायी स्लाइड का सूक्ष्मदर्शी की सहायता से प्रेक्षण कीजिए।
- इसी प्रकार अमीबा के द्विखंडन की स्थायी स्लाइड का प्रेक्षण कीजिए।
- अब दोनों स्लाइडों की तुलना कीजिए।

परंतु कुछ एककोशिक जीवों में शारीरिक संरचना अधिक संगठित होती है। उदाहरणतः कालाज़ार के रोगाणु, लेस्मानिया में कोशिका के एक सिरे पर कोड़े के समान सूक्ष्म संरचना होती है। ऐसे जीवों में द्विखंडन एक निर्धारित तल से होता है। मलेरिया परजीवी, प्लैज्मोडियम

जैसे अन्य एककोशिक जीव एक साथ अनेक संतति कोशिकाओं में विभाजित हो जाते हैं, जिसे बहुखंडन कहते हैं।

दूसरी ओर यीस्ट कोशिका से छोटे मुकुल उभर कर कोशिका से अलग हो जाते हैं तथा स्वतंत्र रूप से वृद्धि करते हैं जैसा कि हम क्रियाकलाप 7.1 में देख चुके हैं।

चित्र 7.1 (a) *अमीबा में द्विखंडन*

चित्र 7.1 (b) *लेस्मानिया में द्विखंडन*

चित्र 7.2
प्लैज़्मोडियम में बहुखंडन

7.2.2 खंडन

क्रियाकलाप 7.4

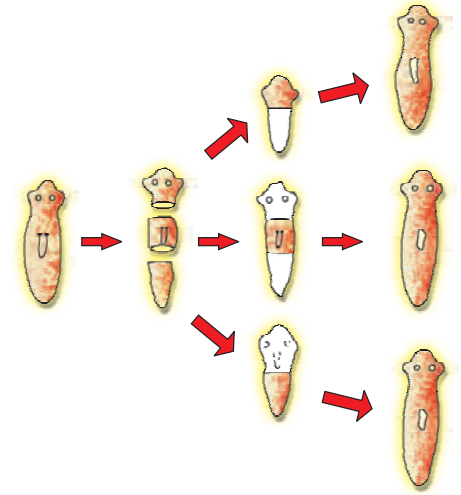
- किसी झील अथवा तालाब जिसका जल गहरा हरा दिखाई देता हो और जिसमें तंतु के समान संरचनाएँ हों, उससे कुछ जल एकत्र कीजिए।
- एक स्लाइड पर एक अथवा दो तंतु रखिए।
- इन तंतुओं पर ग्लिसरीन की एक बूँद डालकर कवर-स्लिप से ढक दीजिए।
- सूक्ष्मदर्शी के नीचे स्लाइड का प्रेक्षण कीजिए।
- क्या आप स्पाइरोगाइरा तंतुओं में विभिन्न ऊतक पहचान सकते हैं?

सरल संरचना वाले बहुकोशिक जीवों में जनन की सरल विधि कार्य करती है। उदाहरणतः स्पाइरोगाइरा सामान्यतः विकसित होकर छोटे-छोटे टुकड़ों में खंडित हो जाता है। यह टुकड़े अथवा खंड वृद्धि कर नए जीव (व्यष्टि) में विकसित हो जाते हैं। क्रियाकलाप 7.4 के प्रेक्षण के आधार पर क्या हम इसका कारण खोज सकते हैं?

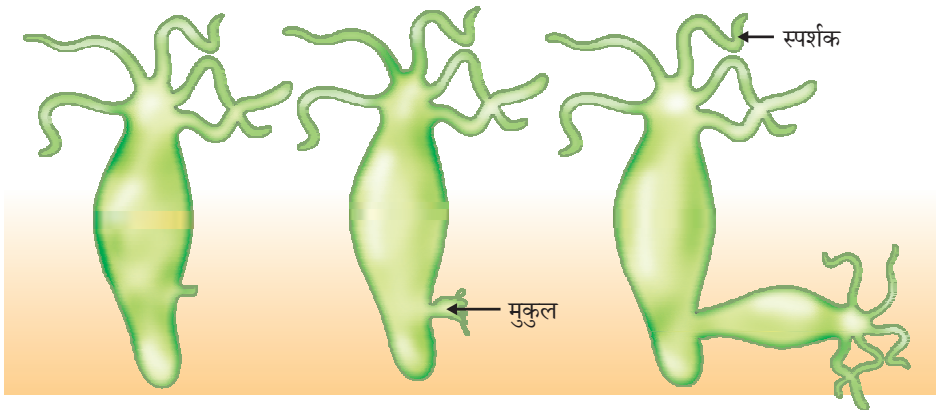
परंतु यह सभी बहुकोशिक जीवों के लिए सत्य नहीं है। वे सरल रूप से कोशिका- दर-कोशिका विभाजित नहीं होते। ऐसा क्यों है? इसका कारण है कि अधिकतर बहुकोशिक जीव विभिन्न कोशिकाओं का समूह मात्र ही नहीं हैं। विशेष कार्य हेतु विशिष्ट कोशिकाएँ संगठित होकर ऊतक का निर्माण करती हैं तथा ऊतक संगठित होकर अंग बनाते हैं, शरीर में इनकी स्थिति भी निश्चित होती है। ऐसी सजग व्यवस्थित परिस्थिति में कोशिका-दर-कोशिका विभाजन अव्यावहारिक है। अतः बहुकोशिक जीवों को जनन के लिए अपेक्षाकृत अधिक जटिल विधि की आवश्यकता होती है।

बहुकोशिक जीवों द्वारा प्रयुक्त एक सामान्य युक्ति यह है कि विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ विशिष्ट कार्य के लिए दक्ष होती हैं। इस सामान्य व्यवस्था का परिपालन करते हुए इस प्रकार के जीवों में जनन के लिए विशिष्ट प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं। क्या जीव अनेक प्रकार की कोशिकाओं का बना होता है? इसका उत्तर है कि जीव में कुछ ऐसी कोशिकाएँ होनी चाहिए, जिनमें वृद्धि, क्रम, प्रसरण तथा उचित परिस्थिति में विशेष प्रकार की कोशिका बनाने की क्षमता हो।

7.2.3 पुनरुद्भवन (पुनर्जनन)

पूर्णरूपेण विभेदित जीवों में अपने कायिक भाग से नए जीव के निर्माण की क्षमता होती है। अर्थात यदि किसी कारणवश जीव क्षत-विक्षत हो जाता है अथवा कुछ टुकड़ों में टूट जाता है तो इसके अनेक टुकड़े वृद्धि कर नए जीव में विकसित हो जाते हैं। उदाहरणतः हाइड्रा तथा प्लेनेरिया जैसे सरल प्राणियों को यदि कई टुकड़ों में काट दिया जाए तो प्रत्येक टुकड़ा विकसित होकर पूर्णजीव का निर्माण कर देता है। यह पुनरुद्भवन (चित्र 7.3) कहलाता है। पुनरुद्भवन (पुनर्जनन) विशिष्ट कोशिकाओं द्वारा संपादित होता है। इन कोशिकाओं के क्रमप्रसरण से अनेक कोशिकाएँ बन जाती हैं। कोशिकाओं के इस समूह से परिवर्तन के दौरान विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ एवं ऊतक बनते हैं। यह परिवर्तन बहुत व्यवस्थित रूप एवं क्रम से होता है, जिसे परिवर्धन कहते हैं। परंतु पुनरुद्भवन जनन के समान नहीं है, इसका मुख्य कारण यह है कि प्रत्येक जीव के किसी भी भाग को काटकर सामान्यतः नया जीव उत्पन्न नहीं होता।

चित्र 7.3 प्लेनेरिया में पुनरुद्भवन

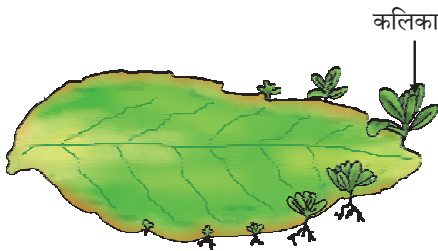
7.2.4 मुकुलन

हाइड्रा जैसे कुछ प्राणी पुनर्जनन की क्षमता वाली कोशिकाओं का उपयोग मुकुलन के लिए करते हैं। हाइड्रा में कोशिकाओं के नियमित विभाजन के कारण एक स्थान पर उभार विकसित हो जाता है। यह उभार (मुकुल) वृद्धि करता हुआ नन्हे जीव में बदल जाता है तथा पूर्ण विकसित होकर जनक से अलग होकर स्वतंत्र जीव बन जाता है।

चित्र 7.4 हाइड्रा में मुकुलन

7.2.5 कायिक प्रवर्धन

ऐसे बहुत से पौधे हैं, जिनमें कुछ भाग जैसे जड़, तना तथा पत्तियाँ उपयुक्त परिस्थितियों में विकसित होकर नया पौधा उत्पन्न करते हैं। अधिकतर जंतुओं के विपरीत, एकल पौधे इस क्षमता का उपयोग जनन की विधि के रूप में करते हैं। परतन, कलम अथवा रोपण जैसी कायिक प्रवर्धन की तकनीक का उपयोग कृषि में भी किया जाता है। गन्ना, गुलाब अथवा अंगूर इसके कुछ उदाहरण हैं। कायिक प्रवर्धन द्वारा उगाए गए पौधों में बीज द्वारा उगाए पौधों की अपेक्षा पुष्प एवं फल कम समय में लगने लगते हैं। यह पद्धति केला, संतरा, गुलाब एवं चमेली जैसे उन पौधों को उगाने के लिए उपयोगी है, जो बीज उत्पन्न करने की क्षमता खो चुके हैं। कायिक प्रवर्धन का दूसरा लाभ यह भी है कि इस प्रकार उत्पन्न सभी पौधे आनुवांशिक रूप से जनक पौधे के समान होते हैं।

क्रियाकलाप 7.5

- एक आलू लेकर उसकी सतह का निरीक्षण कीजिए। क्या इसमें कुछ गर्त दिखाई देते हैं?
- आलू को छोटे-छोटे टुकड़ों में इस प्रकार काटिए कि कुछ में तो यह गर्त हों और कुछ में नहीं।
- एक ट्रे में रुई की पतली पर्त बिछा कर उसे गीला कीजिए। कलिका (गर्त) वाले टुकड़ों को एक ओर तथा बिना गर्त वाले टुकड़ों को दूसरी ओर रख दीजिए।
- अगले कुछ दिनों तक इन टुकड़ों में होने वाले परिवर्तनों का प्रेक्षण कीजिए। ध्यान रखिए कि रुई में नमी बनी रहे।
- वे कौन से टुकड़े हैं, जिनसे हरे प्ररोह तथा जड़ विकसित हो रहे हैं?

चित्र 7.5
कलिकाओं के साथ ब्रायोफिलम की पत्ती

इसी प्रकार ब्रायोफिलम की पत्तियों की कोर पर कुछ कलिकाएँ विकसित होकर मृदा में गिर जाती हैं तथा नए पौधे (चित्र 7.5) में विकसित हो जाती हैं।

क्रियाकलाप 7.6

- एक मनीप्लांट लीजिए।
- इसे कुछ टुकड़ों में इस प्रकार काटिए कि प्रत्येक में कम से कम एक पत्ती अवश्य हो।
- दो पत्तियों के मध्य वाले भाग के कुछ टुकड़े काटिए।
- सभी टुकड़ों के एक सिरे को जल में डुबोकर रखिए तथा अगले कुछ दिनों तक उनका अवलोकन कीजिए।
- कौन से टुकड़ों में वृद्धि होती है तथा नई पत्तियाँ निकली हैं।
- आप अपने प्रेक्षणों से क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं।

इसे भी जानिए!

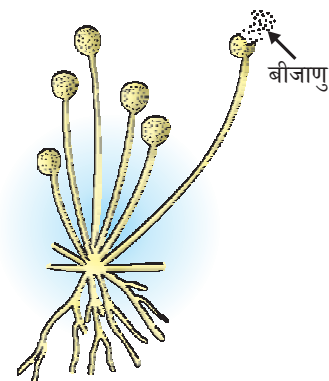
ऊतक संवर्धन

ऊतक संवर्धन तकनीक में पौधे के ऊतक अथवा उसकी कोशिकाओं को पौधे के शीर्ष के वर्धमान भाग से पृथक कर नए पौधे उगाए जाते हैं। इन कोशिकाओं को कृत्रिम पोषक माध्यम में रखा जाता है, जिससे कोशिकाएँ विभाजित होकर अनेक कोशिकाओं का छोटा समूह बनाती हैं, जिसे कैलस कहते हैं। कैलस को वृद्धि एवं विभेदन के हार्मोन युक्त एक अन्य माध्यम में स्थानांतरित करते हैं। पौधे को फिर मिट्टी में रोप देते हैं, जिससे कि वे वृद्धि कर विकसित पौधे बन जाते हैं। ऊतक संवर्धन तकनीक द्वारा किसी एकल पौधे से अनेक पौधे संक्रमण-मुक्त परिस्थितियों में उत्पन्न किए जा सकते हैं। इस तकनीक का उपयोग सामान्यतः सजावटी पौधों के संवर्धन में किया जाता है।

7.2.6 बीजाणु समासंघ

अनेक सरल बहुकोशिक जीवों में भी विशिष्ट जनन संरचनाएँ पाई जाती हैं। क्रियाकलाप 7.2 में ब्रेड पर धागे के समान कुछ संरचनाएँ विकसित हुई थीं। यह राइजोपस का कवक जाल है। ये जनन के भाग नहीं हैं, परंतु ऊर्ध्व तंतुओं पर सूक्ष्म गुच्छ (गोल) संरचनाएँ जनन में भाग लेती हैं। ये गुच्छ बीजाणुधानी हैं, जिनमें विशेष कोशिकाएँ अथवा बीजाणु पाए जाते (चित्र 7.6) हैं। यह बीजाणु वृद्धि करके राइजोपस के नए जीव उत्पन्न करते हैं। बीजाणु के चारों ओर एक मोटी भित्ति होती है, जो प्रतिकूल परिस्थितियों में उसकी रक्षा करती है, नम सतह के संपर्क में आने पर वह वृद्धि करने लगते हैं।

चित्र 7.6
राइजोपस में बीजाणु समासंघ

अब तक जनन की जिन विधियों की हमने चर्चा की उन सभी में नई पीढ़ी का सृजन केवल एकल जीव द्वारा होता है। इसे अलैंगिक जनन कहते हैं।

प्रश्न

1. द्विखंडन, बहुखंडन से किस प्रकार भिन्न है?
2. बीजाणु द्वारा जनन से जीव किस प्रकार लाभान्वित होता है?
3. क्या आप कुछ कारण सोच सकते हैं, जिससे पता चलता हो कि जटिल संरचना वाले जीव पुनरुद्भवन द्वारा नई संतति उत्पन्न नहीं कर सकते?
4. कुछ पौधों को उगाने के लिए कायिक प्रवर्धन का उपयोग क्यों किया जाता है?
5. डी.एन.ए. की प्रतिकृति बनाना जनन के लिए आवश्यक क्यों है?

7.3 लैंगिक जनन

हम जनन की उस विधि से भी परिचित हैं, जिसमें नई संतति उत्पन्न करने हेतु दो व्यष्टि (एकल जीवों) की भागीदारी होती है। न तो एकल बैल संतति बछड़ा पैदा कर सकता है, और न ही एकल मुर्गी से नए चूजे उत्पन्न हो सकते हैं। ऐसे जीवों में नवीन संतति उत्पन्न करने हेतु नर एवं मादा दोनों लिंगों की आवश्यकता होती है। इस लैंगिक जनन की सार्थकता क्या है? क्या अलैंगिक जनन की कुछ सीमाएँ हैं, जिनकी चर्चा हम ऊपर कर चुके हैं?

7.3.1 लैंगिक जनन प्रणाली क्यों?

एकल (पैत्रक) कोशिका से दो संतति कोशिकाओं के बनने में डी.एन.ए. की प्रतिकृति बनना एवं कोशिकीय संगठन दोनों ही आवश्यक हैं। जैसा कि हम जान चुके हैं कि डी.एन.ए. प्रतिकृति की तकनीक पूर्णतः यथार्थ नहीं है, परिणामी त्रुटियाँ जीव की समष्टि में विभिन्नता का स्रोत हैं। जीव की प्रत्येक व्यष्टि विभिन्नताओं द्वारा संरक्षित नहीं हो सकती, परंतु स्पीशीज़ की समष्टि में पाई जाने वाली विभिन्नता उस स्पीशीज़ के अस्तित्व को बनाए रखने में सहायक है। अतः जीवों में जनन की कोई ऐसी विधि अधिक सार्थक होगी, जिसमें अधिक विभिन्नता उत्पन्न हो सके।

यद्यपि डी.एन.ए. प्रतिकृति की प्रणाली पूर्णरूपेण यथार्थ नहीं है। वह इतनी परिशुद्ध अवश्य है, जिसमें विभिन्नता अत्यंत धीमी गति से उत्पन्न होती है। यदि डी.एन.ए. प्रतिकृति की क्रियाविधि कम परिशुद्ध होती, तो बनने वाली डी.एन.ए. प्रतिकृतियाँ कोशिकीय संरचना के साथ सामंजस्य नहीं रख पातीं। परिणामतः कोशिका की मृत्यु हो जाती। अतः परिवर्त उत्पन्न करने के प्रक्रम को किस प्रकार गति दी जा सकती है? प्रत्येक डी.एन.ए. प्रतिकृति में नई विभिन्नता के साथ-साथ पूर्व पीढ़ियों की विभिन्नताएँ भी संग्रहित होती रहती हैं। अतः समष्टि के दो जीवों में संग्रहित विभिन्नताओं के पैटर्न भी काफी भिन्न होंगे, क्योंकि यह सभी विभिन्नताएँ जीवित व्यष्टि में पाई जा रही हैं, अतः यह सुनिश्चित ही है कि यह विभिन्नताएँ हानिकारक नहीं हैं। दो अथवा अधिक एकल जीवों की विभिन्नताओं के संयोजन से विभिन्नताओं के नए संयोजन उत्पन्न होंगे, क्योंकि इस प्रक्रम में दो विभिन्न जीव भाग लेते हैं। अतः प्रत्येक संयोजन अपने आप में अनोखा होगा। लैंगिक जनन में दो भिन्न जीवों से प्राप्त डी.एन.ए. को समाहित किया जाता है।

परंतु इससे एक और समस्या पैदा हो सकती है। यदि संतति पीढ़ी में जनक जीवों के डी.एन.ए. का युग्मन होता रहे, तो प्रत्येक पीढ़ी में डी.एन.ए. की मात्रा पूर्व पीढ़ी की अपेक्षा दोगुनी होती जाएगी। इससे डी.एन.ए. द्वारा कोशिकी संगठन पर नियंत्रण टूटने की अत्यधिक संभावना है। इस समस्या के समाधान के लिए हम कितने तरीके सोच सकते हैं?

हम पहले ही जान चुके हैं कि जैसे-जैसे जीवों की जटिलता बढ़ती जाती है वैसे-वैसे ऊतकों की विशिष्टता बढ़ती जाती है। उपरोक्त समस्या का समाधान जीवों ने इस प्रकार खोजा जिसमें विशिष्ट अंगों में कुछ विशेष प्रकार की कोशिकाओं की परत होती है, जिनमें जीव की कायिक कोशिकाओं की अपेक्षा गुणसूत्रों की संख्या आधी होती है तथा डी.एन.ए. की मात्रा भी आधी होती है। यह कोशिका विभाजन की प्रक्रिया जिसे अर्द्धसूत्री विभाजन कहते हैं, के द्वारा प्राप्त किया जाता है। अतः दो भिन्न जीवों की यह युग्मक कोशिकाएँ लैंगिक जनन में युग्मन द्वारा युग्मनज (जायगोट) बनाती हैं तो संतति में गुणसूत्रों की संख्या एवं डी.एन.ए. की मात्रा पुनर्स्थापित हो जाती है।

यदि युग्मनज वृद्धि एवं परिवर्धन द्वारा नए जीव में विकसित होता है तो इसमें ऊर्जा का भंडार भी पर्याप्त होना चाहिए। अति सरल संरचना वाले जीवों में प्रायः दो जनन कोशिकाओं (युग्मकों) की आकृति एवं आकार में विशेष अंतर नहीं होता अथवा वे समाकृति भी हो सकते हैं। परंतु जैसे ही शारीरिक डिज़ाइन अधिक जटिल होता है, जनन कोशिकाएँ भी विशिष्ट हो जाती हैं। एक जनन-कोशिका अपेक्षाकृत बड़ी होती है एवं उसमें भोजन का पर्याप्त भंडार भी होता है, जबकि दूसरी अपेक्षाकृत छोटी एवं अधिक गतिशील होती है। गतिशील जनन-कोशिका को **नर युग्मक**

तथा जिस जनन कोशिका में भोजन का भंडार संचित होता है, उसे **मादा युग्मक** कहते हैं। अगले कुछ अनुभागों में हम देखेंगे कि इन दो प्रकार के युग्मकों के सृजन की आवश्यकता ने नर एवं मादा व्यष्टियों (जनकों) में विभेद उत्पन्न किए हैं तथा कुछ जीवों में नर एवं मादा में शारीरिक अंतर भी स्पष्ट दृष्टिगोचर होते हैं।

7.3.2 पुष्पी पौधों में लैंगिक जनन

आवृतबीजी (एंजियोस्पर्म) के जननांग पुष्प में अवस्थित होते हैं। आप पुष्प के विभिन्न भागों के विषय में पहले ही पढ़ चुके हैं– बाह्यदल, दल (पंखुड़ी), पुंकेसर एवं स्त्रीकेसर (चित्र 7.7)। पुंकेसर एवं स्त्रीकेसर पुष्प के जनन भाग हैं, जिनमें जनन-कोशिकाएँ होती हैं। पंखुड़ी एवं बाह्यदल के क्या कार्य हो सकते हैं?

चित्र 7.7 पुष्प की अनुदैर्घ्य काट

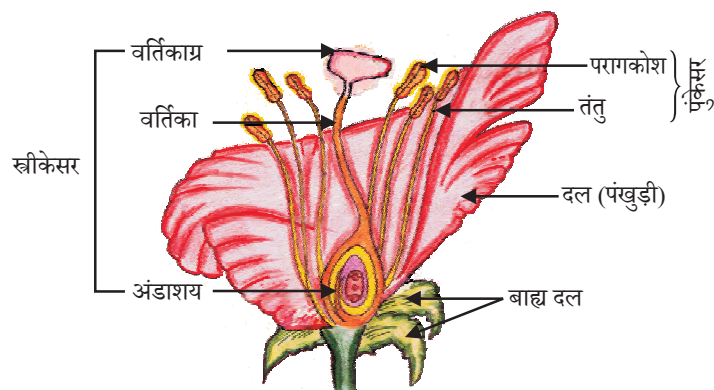
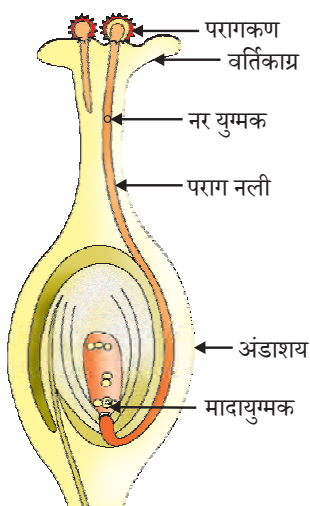
जब पुष्प में पुंकेसर अथवा स्त्रीकेसर में से कोई एक जननांग उपस्थित होता है तो पुष्प एकलिंगी (पपीता, तरबूज) कहलाते हैं। जब पुष्प में पुंकेसर एवं स्त्रीकेसर दोनों उपस्थित होते हैं, (गुड़हल, सरसों) तो उन्हें उभयलिंगी पुष्प कहते हैं। पुंकेसर नर जननांग है, जो परागकण बनाते हैं। परागकण सामान्यतः पीले हो सकते हैं। आपने देखा होगा कि जब आप किसी पुष्प के पुंकेसर को छूते हैं तब हाथ में एक पीला पाउडर लग जाता है। स्त्रीकेसर पुष्प के केंद्र में अवस्थित होता है तथा यह पुष्प का मादा जननांग है। यह तीन भागों से बना होता है। आधार पर उभरा-फूला भाग अंडाशय है, मध्य में लंबा भाग वर्तिका है तथा शीर्ष भाग वर्तिकाग्र है, जो प्रायः चिपचिपा होता है। अंडाशय में बीजांड होते हैं तथा प्रत्येक बीजांड में एक अंड-कोशिका होती है। परागकण द्वारा उत्पादित नर युग्मक अंडाशय की अंडकोशिका (मादा युग्मक) से संलयित हो जाता है। जनन कोशिकाओं के इस युग्मन अथवा निषेचन से युग्मनज बनता है, जिसमें नए पौधे में विकसित होने की क्षमता होती है।

अतः परागकणों को पुंकेसर से वर्तिकाग्र तक स्थानांतरण की आवश्यकता होती है। यदि परागकणों का यह स्थानांतरण उसी पुष्प के वर्तिकाग्र पर होता है तो यह स्वपरागण कहलाता है। परंतु एक पुष्प के परागकण दूसरे पुष्प पर स्थानांतरित होते हैं, तो उसे परपरागण कहते हैं। एक पुष्प से दूसरे पुष्प तक परागकणों का यह स्थानांतरण वायु, जल अथवा प्राणी जैसे वाहक द्वारा संपन्न होता है।

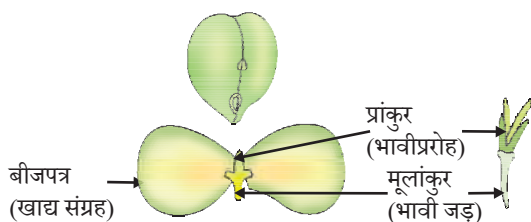
परागकणों के उपयुक्त, वर्तिकाग्र पर पहुँचने के पश्चात नर युग्मक को अंडाशय में स्थित मादा-युग्मक तक पहुँचना होता है। इसके लिए परागकण से एक नलिका विकसित होती है तथा वर्तिका से होती हुई बीजांड तक पहुँचती है (चित्र 7.8)।

निषेचन के पश्चात, युग्मनज में अनेक विभाजन होते हैं तथा बीजांड में भ्रूण विकसित होता है। बीजांड से एक कठोर आवरण विकसित होता है तथा यह बीज में परिवर्तित हो जाता है। अंडाशय तीव्रता से वृद्धि करता है तथा परिपक्व होकर फल बनाता है। इस अंतराल में बाह्यदल, पंखुड़ी, पुंकेसर, वर्तिका एवं वर्तिकाग्र प्रायः मुरझाकर गिर जाते हैं। क्या आपने कभी पुष्प के किसी भाग

2024-25

को फल के साथ स्थायी रूप से जुड़े हुए देखा है? सोचिए, बीजों के बनने से पौधे को क्या लाभ है। बीज में भावी पौधा अथवा भ्रूण होता है, जो उपयुक्त परिस्थितियों में नवोद्भिद में विकसित हो जाता है। इस प्रक्रम को अंकुरण कहते हैं (चित्र 7.8)।

चित्र 7.8
वर्तिकाग्र पर परागकणों का अंकुरण

क्रियाकलाप 7.7

- चने के कुछ बीजों को एक रात तक जल में भिगो दीजिए।
- अधिक जल को फेंक दीजिए तथा भीगे हुए बीजों को गीले कपड़े से ढककर एक दिन के लिए रख दीजिए। ध्यान रहे कि बीज सूखें नहीं।
- बीजों को सावधानी से खोलकर उसके विभिन्न भागों का प्रेक्षण कीजिए।
- अपने प्रेक्षण की तुलना चित्र 7.9 से कीजिए, क्या आप सभी भागों को पहचान सकते हैं?

7.3.3 मानव में लैंगिक जनन

चित्र 7.9 अंकुरण

अब तक हम विभिन्न स्पीशीज़ में जनन की विभिन्न प्रणालियों की चर्चा करते रहे हैं। आइए, अब हम उस स्पीशीज़ के विषय में जानें जिसमें हमारी सर्वाधिक रुचि है, वह है मनुष्य। मानव में लैंगिक जनन होता है। यह प्रक्रम किस प्रकार कार्य करता है?

आइए, अब स्थूल रूप से एक असंबद्ध बिंदु से प्रारंभ करते हैं। हम सभी जानते हैं कि आयु के साथ-साथ हमारे शरीर में कुछ परिवर्तन आते हैं। आपने पहले भी कक्षा 8 में शरीर में होने वाले बदलावों के बारे में सीखा। कक्षा 1 से 10 तक पहुँचते-पहुँचते हमारी लंबाई एवं भार बढ़ जाता है। हमारे दाँत जो गिर जाते हैं, दूध के दाँत कहलाते हैं तथा नए दाँत निकल आते हैं। इन सभी परिवर्तनों को एक सामान्य प्रक्रम वृद्धि में समूहबद्ध कर सकते हैं, जिसमें शारीरिक वृद्धि होती है। परंतु किशोरावस्था के प्रारंभिक वर्षों में, कुछ ऐसे परिवर्तन होते हैं, जिन्हें मात्र शारीरिक वृद्धि नहीं कहा जा सकता। जबकि शारीरिक सौष्ठव ही बदल जाता है। शारीरिक अनुपात बदलता है, नए लक्षण आते हैं तथा संवेदना में भी परिवर्तन आते हैं।

इनमें से कुछ परिवर्तन तो लड़के एवं लड़कियों में एकसमान होते हैं। हम देखते हैं कि शरीर के कुछ नए भागों जैसे कि काँख एवं जाँघों के मध्य जननांगी क्षेत्र में बाल-गुच्छ निकल आते हैं तथा उनका रंग भी गहरा हो जाता है। पैर, हाथ एवं चेहरे पर भी महीन रोम आ जाते हैं। त्वचा अक्सर तैलीय हो जाती है तथा कभी-कभी मुँहासे भी निकल आते हैं। हम अपने और दूसरों के प्रति अधिक सजग हो जाते हैं।

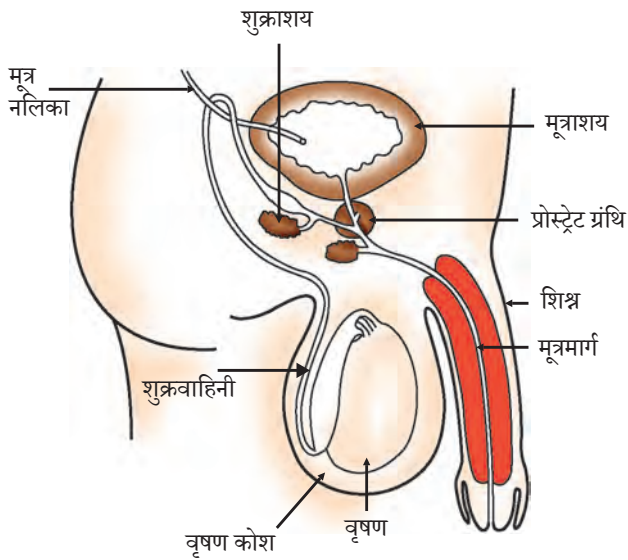
दूसरी ओर, कुछ ऐसे भी परिवर्तन हैं, जो लड़कों एवं लड़कियों में भिन्न होते हैं। लड़कियों में स्तन के आकार में वृद्धि होने लगती है तथा स्तनाग्र की त्वचा का रंग भी गहरा होने लगता है। इस समय लड़कियों में रजोधर्म होने लगता है। लड़कों के चेहरे पर दाढ़ी-मूँछ निकल आती है तथा

उनकी आवाज़ फटने लगती है। साथ ही दिवास्वप्न अथवा रात्रि में शिश्न भी अक्सर विवर्धन के कारण ऊर्ध्व हो जाता है।

ये सभी परिवर्तन महीनों एवं वर्षों की अवधि में मंद गति से होते हैं। ये परिवर्तन सभी व्यक्तियों में एक ही समय अथवा एक निश्चित आयु में नहीं होते। कुछ व्यक्तियों में ये परिवर्तन कम आयु में एवं तीव्रता से होते हैं, जबकि अन्य में मंद गति से होते हैं। प्रत्येक परिवर्तन तीव्रता से पूर्ण भी नहीं होता। उदाहरणतः लड़कों के चेहरे पर पहले छितराए हुए से कुछ मोटे बाल परिलक्षित होते हैं, तथा धीरे-धीरे यह वृद्धि एक जैसी हो जाती है। फिर भी इन सभी परिवर्तनों में विभिन्न व्यक्तियों के बीच विविधता परिलक्षित होती है। जैसे कि हमारे नाक-नक्श अलग-अलग हैं, उसी प्रकार इन बालों की वृद्धि का पैटर्न, स्तन अथवा शिश्न की आकृति एवं आकार भी भिन्न होते हैं। यह सभी परिवर्तन शरीर की लैंगिक परिपक्वता के पहलू हैं।

इस आयु में शरीर में लैंगिक परिपक्वता क्यों परिलक्षित होती है? हम बहुकोशिक जीवों में विशिष्ट कार्यों के संपादन हेतु विशिष्ट प्रकार की कोशिकाओं की आवश्यकता की बात कर चुके हैं। लैंगिक जनन में भाग लेने के लिए जनन कोशिकाओं का उत्पादन इसी प्रकार का एक विशिष्ट कार्य है तथा हम देख चुके हैं कि पौधों में भी इस हेतु विशेष प्रकार की कोशिकाएँ एवं ऊतक विकसित होते हैं। प्राणियों, जैसे कि मानव भी इस कार्य हेतु विशिष्ट ऊतक विकसित करता है। यद्यपि किसी व्यक्ति के शरीर में युवावस्था के आकार हेतु वृद्धि होती है, परंतु शरीर के संसाधन मुख्यतः इस वृद्धि की प्राप्ति की ओर लगे रहते हैं। इस प्रक्रम के चलते जनन ऊतक की परिपक्वता मुख्य प्राथमिकता नहीं होती। अतः जैसे-जैसे शरीर की सामान्य वृद्धि दर धीमी होनी शुरू होती है, जनन-ऊतक परिपक्व होना प्रारंभ करते हैं। किशोरावस्था की इस अवधि को यौवनारंभ (puberty) कहा जाता है।

अतः वे सभी परिवर्तन जिनकी हमने चर्चा की जनन-प्रक्रम से किस प्रकार संबद्ध हैं? हमें याद रखना चाहिए कि लैंगिक जनन प्रणाली का अर्थ है कि दो भिन्न व्यक्तियों की जनन कोशिकाओं का परस्पर संलयन। यह जनन कोशिकाओं के बाह्य-मोचन द्वारा हो सकता है जैसे कि पुष्पी पौधों में होता है। अथवा दो जीवों के परस्पर संबंध द्वारा जनन कोशिकाओं के आंतरिक स्थानांतरण द्वारा भी हो सकता है, जैसे कि अनेक प्राणियों में होता है। यदि जंतुओं को संगम के इस प्रक्रम में भाग लेना हो, तो यह आवश्यक है कि दूसरे जीव उनकी लैंगिक परिपक्वता की पहचान कर सकें। यौवनारंभ की अवधि में अनेक परिवर्तन जैसे कि बालों का नवीन पैटर्न इस बात का संकेत है कि लैंगिक परिपक्वता आ रही है।

दूसरी ओर, दो व्यक्तियों के बीच जनन कोशिकाओं के वास्तविक स्थानांतरण हेतु विशिष्ट अंग अथवा संरचना की आवश्यकता होती है; उदाहरण के लिए— शिश्न के ऊर्ध्व होने की क्षमता। स्तनधारियों जैसे कि मानव में शिशु माँ के शरीर में लंबी अवधि तक गर्भस्थ रहता है तथा जन्मोपरांत स्तनपान करता है। इन सभी स्थितियों के लिए मादा के जननांगों एवं स्तन का परिपक्व होना आवश्यक है। आइए, जनन तंत्र के विषय में जानें।

चित्र 7.10
मानव का नर जनन तंत्र

7.3.3 (a) नर जनन तंत्र

जनन कोशिका उत्पादित करने वाले अंग एवं जनन कोशिकाओं को निषेचन के स्थान तक पहुँचाने वाले अंग, संयुक्त रूप से, नर जनन तंत्र (चित्र 7.10) बनाते हैं।

नर जनन-कोशिका अथवा शुक्राणु का निर्माण वृषण में होता है। यह उदर गुहा के बाहर वृषण कोष में स्थित होते हैं। इसका कारण यह है कि शुक्राणु उत्पादन के लिए आवश्यक ताप शरीर के ताप से कम होता है। टेस्टोस्टेरॉन हार्मोन के उत्पादन एवं स्रवण में वृषण की भूमिका की चर्चा हम पिछले अध्याय में कर चुके हैं। शुक्राणु उत्पादन के नियंत्रण के अतिरिक्त टेस्टोस्टेरॉन लड़कों में यौवनावस्था के लक्षणों का भी नियंत्रण करता है।

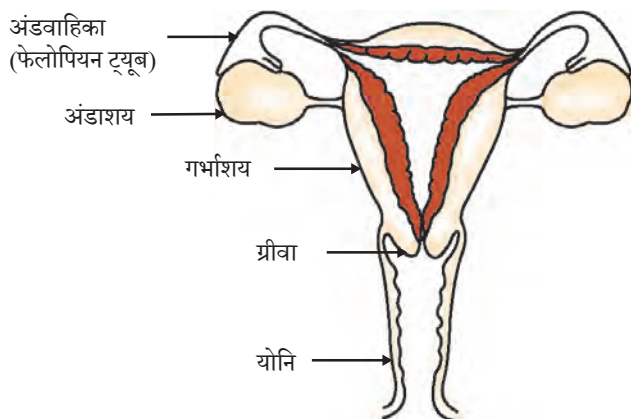
उत्पादित शुक्राणुओं का मोचन शुक्रवाहिकाओं द्वारा होता है। ये शुक्रवाहिकाएँ मूत्राशय से आने वाली नली से जुड़कर एक संयुक्त नली बनाती है। अतः मूत्रमार्ग (urethra) शुक्राणुओं एवं मूत्र दोनों के प्रवाह के उभय मार्ग है। प्रोस्ट्रेट तथा शुक्राशय अपने स्राव शुक्रवाहिका में डालते हैं, जिससे शुक्राणु एक तरल माध्यम में आ जाते हैं। इसके कारण इनका स्थानांतरण सरलता से होता है साथ ही यह स्राव उन्हें पोषण भी प्रदान करता है। शुक्राणु सूक्ष्म सरंचनाएँ हैं, जिसमें मुख्यतः आनुवंशिक पदार्थ होते हैं तथा एक लंबी पूँछ होती है, जो उन्हें मादा जनन-कोशिका की ओर तैरने में सहायता करती है।

7.3.3 (b) मादा जनन तंत्र

मादा जनन-कोशिकाओं अथवा अंड-कोशिका का निर्माण अंडाशय में होता है। वे कुछ हार्मोन भी उत्पादित करती हैं। चित्र 7.11 को ध्यानपूर्वक देखिए तथा मादा जनन तंत्र के विभिन्न अंगों को पहचानिए।

लड़की के जन्म के समय ही अंडाशय में हज़ारों अपरिपक्व अंड होते हैं। यौवनारंभ में इनमें से कुछ परिपक्व होने लगते हैं। दो में से एक अंडाशय द्वारा प्रत्येक माह एक अंड परिपक्व होता है। महीन अंडवाहिका अथवा फेलोपियन ट्यूब द्वारा यह अंडकोशिका गर्भाशय तक ले जाए जाते हैं। दोनों अंडवाहिकाएँ संयुक्त होकर एक लचीली थैलेनुमा संरचना का निर्माण करती हैं, जिसे गर्भाशय कहते हैं। गर्भाशय, ग्रीवा द्वारा योनि में खुलता है।

चित्र 7.11 मानव का मादा जनन तंत्र

मैथुन के समय शुक्राणु योनि मार्ग में स्थापित होते हैं, जहाँ से ऊपर की ओर यात्रा करके वे अंडवाहिका तक पहुँच जाते हैं, जहाँ अंडकोशिका से मिल सकते हैं। निषेचित अंडा विभाजित होकर कोशिकाओं की गेंद जैसी संरचना या भ्रूण बनाता है। भ्रूण गर्भाशय में स्थापित हो जाता है, जहाँ यह

लगातार विभाजित होकर वृद्धि करता है तथा अंगों का विकास करता है। हम पहले पढ़ चुके हैं कि माँ का शरीर गर्भधारण एवं उसके विकास के लिए विशेष रूप से अनुकूलित होता है। अतः गर्भाशय प्रत्येक माह भ्रूण को ग्रहण करने एवं उसके पोषण हेतु तैयारी करता है। इसकी आंतरिक पर्त मोटी होती जाती है तथा भ्रूण के पोषण हेतु रुधिर प्रवाह भी बढ़ जाता है।

भ्रूण को माँ के रुधिर से ही पोषण मिलता है, इसके लिए एक विशेष संरचना होती है जिसे प्लैसेंटा कहते हैं। यह एक तश्तरीनुमा संरचना है, जो गर्भाशय की भित्ति में धँसी होती है। इसमें भ्रूण की ओर के ऊतक में प्रवर्ध होते हैं। माँ के ऊतकों में रक्तस्थान होते हैं, जो प्रवर्ध को आच्छादित करते हैं। यह माँ से भ्रूण को ग्लूकोज, ऑक्सीजन एवं अन्य पदार्थों के स्थानांतरण हेतु एक बृहद क्षेत्र प्रदान करते हैं। विकासशील भ्रूण द्वारा अपशिष्ट पदार्थ उत्पन्न होते हैं, जिनका निपटान उन्हें प्लैसेंटा के माध्यम से माँ के रुधिर में स्थानांतरण द्वारा होता है। माँ के शरीर में गर्भ को विकसित होने में लगभग 9 मास का समय लगता है। गर्भाशय की पेशियों के लयबद्ध संकुचन से शिशु का जन्म होता है।

7.3.3 (c) क्या होता है जब अंड का निषेचन नहीं होता?

यदि अंडकोशिका का निषेचन नहीं हो तो यह लगभग एक दिन तक जीवित रहती है, क्योंकि अंडाशय प्रत्येक माह एक अंड का मोचन करता है। अतः निषेचित अंड की प्राप्ति हेतु गर्भाशय भी प्रति माह तैयारी करता है। अतः इसकी अंतःभित्ति मांसल एवं स्पोंजी हो जाती है। यह अंड के निषेचन होने की अवस्था में उसके पोषण के लिए आवश्यक है, परंतु निषेचन न होने की अवस्था में इस पर्त की भी आवश्यकता नहीं रहती। अतः यह पर्त धीरे-धीरे टूटकर योनि मार्ग से रुधिर एवं म्यूकस के रूप में निष्कासित होती है। इस चक्र में लगभग एक मास का समय लगता है तथा इसे **ऋतुस्राव** अथवा **रजोधर्म** कहते हैं। इसकी अवधि लगभग 2 से 8 दिनों की होती है।

7.3.3 (d) जनन स्वास्थ्य

जैसा कि हम देख चुके हैं, लैंगिक परिपक्वता एक क्रमिक प्रक्रम है तथा यह उस समय होता है जब शारीरिक वृद्धि भी होती रहती है। अतः किसी सीमा (आंशिक रूप से) तक लैंगिक परिपक्वता का अर्थ यह नहीं है कि शरीर अथवा मस्तिष्क जनन क्रिया अथवा गर्भधारण योग्य हो गए हैं। हम यह निर्णय किस प्रकार ले सकते हैं कि शरीर एवं मस्तिष्क इस मुख्य उत्तरदायित्व के योग्य हो गया है? इस विषय पर हम सभी पर किसी न किसी प्रकार का दबाव है। इस क्रिया के लिए हमारे मित्रों का दबाव भी हो सकता है, भले ही हम चाहें या न चाहें। विवाह एवं संतानोत्पत्ति के लिए पारिवारिक दबाव भी हो सकता है। संतानोत्पत्ति से बचकर रहने का, सरकारी तंत्र की ओर से भी दबाव हो सकता है। ऐसी अवस्था में कोई निर्णय लेना काफ़ी मुश्किल हो सकता है।

यौन क्रियाओं के स्वास्थ्य पर पड़ने वाले प्रभाव के विषय में भी हमें सोचना चाहिए। हम कक्षा 9 में पढ़ चुके हैं कि एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति को रोगों का संचरण अनेक प्रकार से हो सकता है, क्योंकि यौनक्रिया में प्रगाढ़ शारीरिक संबंध स्थापित होते हैं। अतः इसमें आश्चर्य की कोई बात नहीं है कि अनेक रोगों का लैंगिक संचरण भी हो सकता है। इसमें जीवाणु जनित, जैसे– गोनेरिया तथा सिफलिस एवं वाइरस संक्रमण जैसे कि मस्सा (Wart) तथा HIV-AIDS शामिल हैं। लैंगिक

क्रियाओं के दौरान क्या इन रोगों के संचरण का निरोध संभव है? शिश्न के लिए आवरण अथवा कंडोम के प्रयोग से इनमें से अनेक रोगों के संचरण का कुछ सीमा तक निरोध संभव है।

यौन (लैंगिक) क्रिया द्वारा गर्भधारण की संभावना सदा ही बनी रहती है। गर्भधारण की अवस्था में स्त्री के शरीर एवं भावनाओं की माँग एवं आपूर्ति बढ़ जाती है एवं यदि वह इसके लिए तैयार नहीं है तो इसका उसके स्वास्थ्य पर विपरीत प्रभाव पड़ता है। अतः गर्भधारण रोकने के अनेक तरीके खोजे गए हैं। यह गर्भरोधी तरीके अनेक प्रकार के हो सकते हैं। एक तरीका यांत्रिक अवरोध का है, जिससे शुक्राणु अंडकोशिका तक न पहुँच सके। शिश्न को ढकने वाले कंडोम अथवा योनि में रखने वाली अनेक युक्तियों का उपयोग किया जा सकता है। दूसरा तरीका शरीर में हार्मोन संतुलन के परिवर्तन का है, जिससे अंड का मोचन ही नहीं होता अतः निषेचन नहीं हो सकता। ये दवाएँ सामान्यतः गोली के रूप में ली जाती हैं, परंतु ये हार्मोन संतुलन को परिवर्तित करती हैं अतः उनके कुछ विपरीत प्रभाव भी हो सकते हैं। गर्भधारण रोकने के लिए कुछ अन्य युक्तियाँ जैसे कि लूप अथवा कॉपर-टी (Copper-T) को गर्भाशय में स्थापित करके भी किया जाता है, परंतु गर्भाशय के उत्तेजन से भी कुछ विपरीत प्रभाव हो सकते हैं। यदि पुरुष की शुक्रवाहिकाओं को अवरुद्ध कर दिया जाए तो शुक्राणुओं का स्थानांतरण रुक जाएगा। यदि स्त्री की अंडवाहिनी अथवा फेलोपियन नलिका को अवरुद्ध कर दिया जाए तो अंड (डिंब) गर्भाशय तक नहीं पहुँच सकेगा। दोनों ही अवस्थाओं में निषेचन नहीं हो पाएगा। शल्यक्रिया तकनीक द्वारा इस प्रकार के अवरोध उत्पन्न किए जा सकते हैं। यद्यपि शल्य तकनीक भविष्य के लिए पूर्णतः सुरक्षित है, परंतु असावधानीपूर्वक की गई शल्यक्रिया से संक्रमण अथवा दूसरी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं। शल्यक्रिया द्वारा अनचाहे गर्भ को हटाया भी जा सकता है। इस तकनीक का दुरुपयोग उन लोगों द्वारा किया जा सकता है जो किसी विशेष लिंग का बच्चा नहीं चाहते, ऐसा गैरकानूनी कार्य अधिकतर मादा गर्भ के चयनात्मक गर्भपात हेतु किया जा रहा है। एक स्वस्थ समाज के लिए, मादा-नर लिंग अनुपात बनाए रखना आवश्यक है। यद्यपि हमारे देश में भ्रूण लिंग निर्धारण एक कानूनी अपराध है। हमारे समाज की कुछ इकाइयों में मादा भ्रूण की निर्मम हत्या के कारण हमारे देश में शिशु लिंग अनुपात तीव्रता से घट रहा है जो चिंता का विषय है।

हमने पहले देखा कि जनन एक ऐसा प्रक्रम है, जिसके द्वारा जीव अपनी समष्टि की वृद्धि करते हैं। एक समष्टि में जन्मदर एवं मृत्युदर उसके आकार का निर्धारण करते हैं। जनसंख्या का विशाल आकार बहुत लोगों के लिए चिंता का विषय है। इसका मुख्य कारण यह है कि बढ़ती हुई जनसंख्या के कारण प्रत्येक व्यक्ति के जीवन स्तर में सुधार लाना दुष्कर कार्य है। यदि सामाजिक असमानता हमारे समाज के निम्न जीवन स्तर के लिए उत्तरदायी है तो जनसंख्या के आकार का महत्व इसके लिए अपेक्षाकृत कम हो जाता है। यदि हम अपने आस-पास देखें तो क्या आप जीवन के निम्न स्तर के लिए उत्तरदायी सबसे महत्वपूर्ण कारण की पहचान कर सकते हैं?

प्रश्न

1. परागण क्रिया निषेचन से किस प्रकार भिन्न है?
2. शुक्राशय एवं प्रोस्टेट ग्रंथि की क्या भूमिका है?
3. यौवनारंभ के समय लड़कियों में कौन से परिवर्तन दिखाई देते हैं?
4. माँ के शरीर में गर्भस्थ भ्रूण को पोषण किस प्रकार प्राप्त होता है?
5. यदि कोई महिला कॉपर-टी का प्रयोग कर रही है तो क्या यह उसकी यौन-संचरित रोगों से रक्षा करेगा?

आपने क्या सीखा

- अन्य जैव प्रक्रमों के विपरीत किसी जीव के अपने अस्तित्व के लिए जनन आवश्यक नहीं है।
- जनन में एक कोशिका द्वारा डी.एन.ए. प्रतिकृति का निर्माण तथा अतिरिक्त कोशिकीय संगठन का सृजन होता है।
- विभिन्न जीवों द्वारा अपनाए जाने वाले जनन की प्रणाली उनके शारीरिक अभिकल्प पर निर्भर करती है।
- खंडन विधि में जीवाणु एवं प्रोटोजोआ की कोशिका विभाजित होकर दो या अधिक संतति कोशिका का निर्माण करती है।
- यदि हाइड्रा जैसे जीवों का शरीर कई टुकड़ों में विलग हो जाए तो प्रत्येक भाग से पुनरुद्भवन द्वारा नए जीव विकसित हो जाते हैं। इनमें कुछ मुकुल भी उभर कर नए जीव में विकसित हो जाते हैं।
- कुछ पौधों में कायिक प्रवर्धन द्वारा जड़, तना अथवा पत्ती से नए पौधे विकसित होते हैं।
- उपरोक्त अलैंगिक जनन के उदाहरण हैं, जिसमें संतति की उत्पत्ति एक एकल जीव (व्यष्टि) द्वारा होती है।
- लैंगिक जनन में संतति उत्पादन हेतु दो जीव भाग लेते हैं।
- डी.एन.ए. प्रतिकृति की तकनीक से विभिन्नता उत्पन्न होती है, जो प्रजातियों के अस्तित्व के लिए लाभप्रद है। लैंगिक जनन द्वारा अधिक विभिन्नताएँ उत्पन्न होती हैं।
- पुष्पी पौधों में जनन प्रक्रम में परागकण परागकोश से स्त्रीकेसर के वर्तिकाग्र तक स्थानांतरित होते हैं, जिसे परागण कहते हैं। इसका अनुगमन निषेचन द्वारा होता है।
- यौवनारंभ में शरीर में अनेक परिवर्तन आते हैं, उदाहरण के लिए लड़कियों में स्तन का विकास तथा लड़कों के चेहरे पर नए बालों का आना, लैंगिक परिपक्वता के चिह्न हैं।
- मानव में नर जनन तंत्र में वृषण, शुक्राणुवाहिनी, शुक्राशय, प्रोस्टेट ग्रंथि, मूत्र मार्ग तथा शिश्न होते हैं। वृषण शुक्राणु उत्पन्न करते हैं।
- मानव के मादा जनन तंत्र में अंडाशय, डिंबवाहिनी, गर्भाशय तथा योनि पाए जाते हैं।
- मानव में लैंगिक जनन प्रक्रिया में शुक्राणुओं का स्त्री की योनि में स्थानांतरण होता है तथा निषेचन डिम्बवाहिनी में होता है।
- गर्भनिरोधी युक्तियाँ अपनाकर गर्भधारण रोका जा सकता है। कंडोम, गर्भनिरोधी गोलियाँ, कॉपर-टी तथा अन्य युक्तियाँ इसके उदाहरण हैं।

अभ्यास

1. अलैंगिक जनन मुकुलन द्वारा होता है।
   (a) अमीबा
   (b) यीस्ट
   (c) प्लैज़्मोडियम
   (d) लेस्मानिया
2. निम्नलिखित में से कौन मानव में मादा जनन तंत्र का भाग नहीं है?
   (a) अंडाशय
   (b) गर्भाशय
   (c) शुक्रवाहिका
   (d) डिंबवाहिनी
3. परागकोश में होते हैं—
   (a) बाह्यदल
   (b) अंडाशय
   (c) अंडप
   (d) पराग कण
4. अलैंगिक जनन की अपेक्षा लैंगिक जनन के क्या लाभ हैं?
5. मानव में वृषण के क्या कार्य हैं?
6. ऋतुस्राव क्यों होता है?
7. पुष्प की अनुदैर्घ्य काट का नामांकित चित्र बनाइए।
8. गर्भनिरोधन की विभिन्न विधियाँ कौन सी हैं?
9. एककोशिक एवं बहुकोशिक जीवों की जनन पद्धति में क्या अंतर है?
10. जनन किसी स्पीशीज़ की समष्टि के स्थायित्व में किस प्रकार सहायक है?
11. गर्भनिरोधक युक्तियाँ अपनाने के क्या कारण हो सकते हैं?

अध्याय 8
आनुवंशिकता

हमने देखा कि जनन प्रक्रमों द्वारा नए जीव (व्यष्टि) उत्पन्न होते हैं, जो जनक के समान होते हुए भी कुछ भिन्न होते हैं। हमने यह चर्चा की है कि अलैंगिक जनन में भी कुछ विभिन्नताएँ कैसे उत्पन्न होती हैं। अधिकतम संख्या में सफल विभिन्नताएँ लैंगिक प्रजनन द्वारा ही प्राप्त होती हैं। यदि हम गन्ने के खेत का अवलोकन करें तो हमें व्यष्टिगत पौधों में बहुत कम विभिन्नताएँ दिखाई पड़ती हैं। मानव एवं अधिकतर जंतु जो लैंगिक जनन द्वारा उत्पन्न होते हैं, इनमें व्यष्टिगत स्तर पर अनेक भिन्नताएँ परिलक्षित होती हैं। इस अध्याय में हम उन क्रियाविधियों का अध्ययन करेंगे, जिनके कारण विभिन्नताएँ उत्पन्न एवं वंशागत होती हैं।

8.1 जनन के दौरान विभिन्नताओं का संचयन

पूर्ववर्ती पीढ़ी से वंशागति संतति को एक आधारिक शारीरिक अभिकल्प (डिज़ाइन) एवं कुछ विभिन्नताएँ प्राप्त होती हैं। अब ज़रा सोचिए, कि इस नई पीढ़ी के जनन का क्या परिणाम होगा? दूसरी पीढ़ी में पहली पीढ़ी से आहरित विभिन्नताएँ एवं कुछ नई विभिन्नताएँ उत्पन्न होंगी।

चित्र 8.1 में उस स्थिति को दर्शाया गया है जबकि केवल एकल जीव जनन करता है, जैसा कि अलैंगिक जनन में होता है। यदि एक जीवाणु विभाजित होता है, तो परिणामतः दो जीवाणु उत्पन्न होते हैं जो पुनः विभाजित होकर चार (व्यष्टि) जीवाणु उत्पन्न करेंगे, जिनमें आपस में बहुत अधिक समानताएँ होंगी। उनमें आपस में बहुत कम अंतर होगा, जो डी. एन. ए. प्रतिकृति के समय न्यून त्रुटियों के कारण उत्पन्न हुई होंगी। परंतु यदि लैंगिक जनन होता तो विविधता अपेक्षाकृत और अधिक होती। इसके विषय में हम आनुवंशिकता के नियमों की चर्चा के समय देखेंगे।

चित्र 8.1 *उत्तरोत्तर पीढ़ियों में विविधता की उत्पत्ति। शीर्ष पर दर्शाए गए पहली पीढ़ी के जीव, मान लीजिए कि दो संतति को जन्म देंगे, जिनकी आधारभूत शारीरिक संरचना तो एकसमान होगी, परंतु विभिन्नताएँ भी होंगी। इनमें से प्रत्येक अगली पीढ़ी में दो जीवों को उत्पन्न करेगा। चित्र में सबसे नीचे दिखाए गए चारों जीव व्यष्टि स्तर पर एक दूसरे से भिन्न होंगे। कुछ विभिन्नताएँ विशिष्ट होंगी, जबकि कुछ उन्हें अपने जनक से प्राप्त हुई हैं जो स्वयं आपस में एक-दूसरे से भिन्न थे।*

क्या किसी प्रजातियों में इन सभी विभिन्नताओं के साथ अपने अस्तित्व में रहने की संभावना एकसमान है? निश्चित रूप से नहीं। प्रकृति की विविधता के आधार पर विभिन्न जीवों को विभिन्न प्रकार के लाभ हो सकते हैं। ऊष्णता को सहन करने की क्षमता वाले जीवाणुओं को अधिक गर्मी से बचने की संभावना

अधिक होती है। उसकी चर्चा हम पहले कर चुके हैं। पर्यावरण कारकों द्वारा उत्तम परिवर्त का चयन जैव विकास प्रक्रम का आधार बनाता है, जिसकी चर्चा हम आगे करेंगे।

प्रश्न

1. यदि एक 'लक्षण - A' अलैंगिक प्रजनन वाली समष्टि के 10 प्रतिशत सदस्यों में पाया जाता है तथा 'लक्षण - B' उसी समष्टि में 60 प्रतिशत जीवों में पाया जाता है, तो कौन-सा लक्षण पहले उत्पन्न हुआ होगा?
2. विभिन्नताओं के उत्पन्न होने से किसी स्पीशीज का अस्तित्व किस प्रकार बढ़ जाता है?

8.2 आनुवंशिकता

जनन प्रक्रम का सबसे महत्वपूर्ण परिणाम संतति के जीवों के समान डिज़ाइन (अभिकल्पना) का होना है। आनुवंशिकता नियम इस बात का निर्धारण करते हैं, जिनके द्वारा विभिन्न लक्षण पूर्ण विश्वसनीयता के साथ वंशागत होते हैं। आइए, इन नियमों का ध्यानपूर्वक अध्ययन करें।

8.2.1 वंशागत लक्षण

वास्तव में समानता एवं विभिन्नताओं से हमारा क्या अभिप्राय है? हम जानते हैं कि शिशु में मानव के सभी आधारभूत लक्षण होते हैं। फिर भी यह पूर्णरूप से अपने जनकों जैसा दिखाई नहीं पड़ता तथा मानव समष्टि में यह विभिन्नता स्पष्ट दिखाई देती है।

(a)

(b)

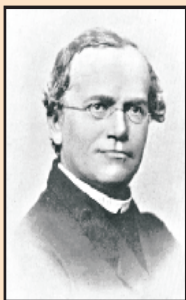
चित्र 8.2
(a) स्वतंत्र तथा (b) जुड़े कर्ण पालि। कान के निचले भाग को कर्णपालि कहते हैं। यह कुछ लोगों में सिर के पार्श्व में पूर्ण रूप से जुड़ा होता है परंतु कुछ में नहीं। स्वतंत्र एवं जुड़े कर्णपालि मानव समष्टि में पाए जाने वाले दो परिवर्त हैं।

क्रियाकलाप 8.1

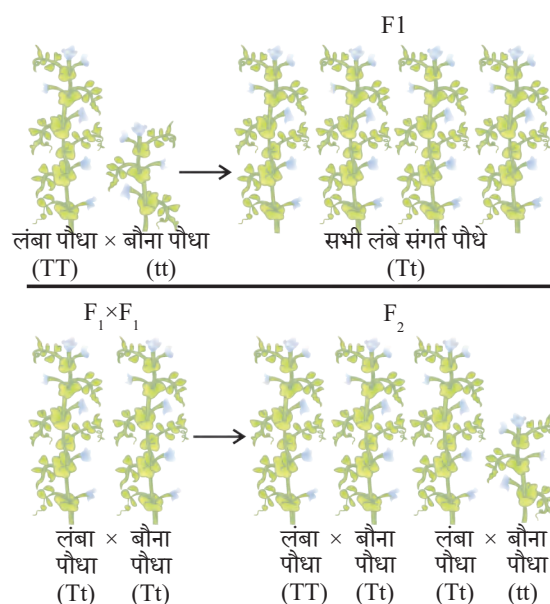
- अपनी कक्षा के सभी छात्रों के कान का अवलोकन कीजिए। ऐसे छात्रों की सूची बनाइए जिनकी कर्णपालि (ear lobe) स्वतंत्र हो तथा जुड़ी हो (चित्र 8.2)। जुड़े कर्णपालि वाले छात्रों एवं स्वतंत्र कर्णपालि वाले छात्रों के प्रतिशत की गणना कीजिए। प्रत्येक छात्र के कर्णपालि के प्रकार को उनके जनक से मिलाकर देखिए। इस प्रेक्षण के आधार पर कर्णपालि के वंशागति के संभावित नियम का सुझाव दीजिए।

8.2.2 लक्षणों की वंशागति के नियम— मेंडल का योगदान

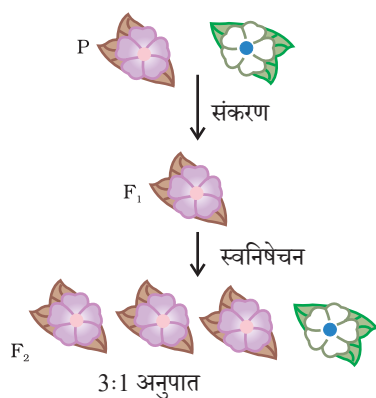
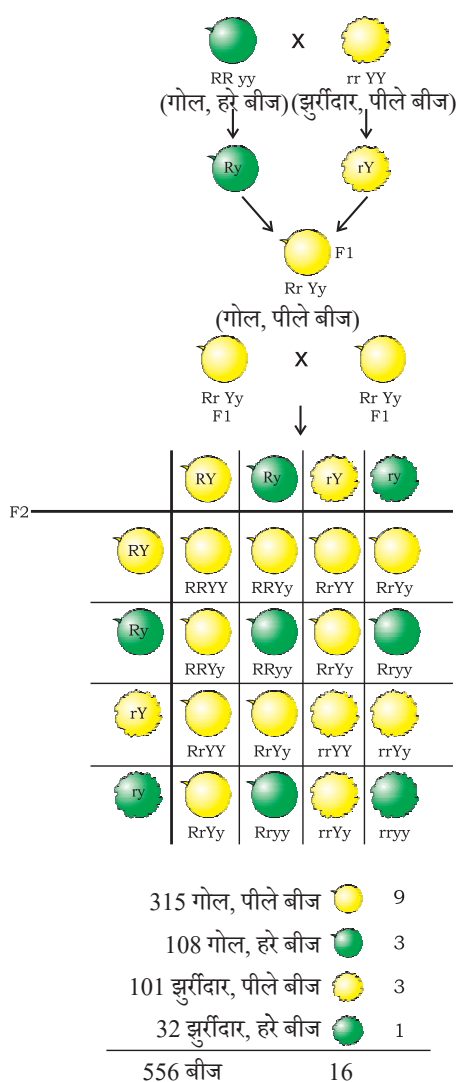
मानव में लक्षणों की वंशागति के नियम इस बात पर आधारित हैं कि माता एवं पिता दोनों ही समान मात्रा में आनुवंशिक पदार्थ को संतति (शिशु) में स्थानांतरित करते हैं। इसका अर्थ यह है कि प्रत्येक लक्षण पिता और माता के डी.एन.ए. से प्रभावित हो सकते हैं। अतः प्रत्येक लक्षण के लिए प्रत्येक संतति में दो विकल्प होंगे। फिर संतान में कौन-सा लक्षण परिलक्षित होगा? मेंडल (बॉक्स में देखिए) ने इस प्रकार की वंशागति के कुछ मुख्य नियम प्रस्तुत किए। उन प्रयोगों के बारे में जानना अत्यंत रोचक होगा, जो उसने लगभग एक शताब्दी से भी पहले किए थे।

ग्रेगर जॉन मेंडल (1822-1884)

मेंडल की प्रारंभिक शिक्षा एक गिरजाघर में हुई थी तथा वह विज्ञान एवं गणित के अध्ययन के लिए वियना विश्वविद्यालय गए। अध्यापन हेतु सर्टिफिकेट की परीक्षा में असफल होना उनकी वैज्ञानिक खोज की प्रवृत्ति को दबा नहीं सका। वह अपनी मोनेस्ट्री में वापस गए तथा मटर पर प्रयोग करना प्रारंभ किया। उनसे पहले भी बहुत से वैज्ञानिकों ने मटर एवं अन्य जीवों के वंशागत गुणों का अध्ययन किया था, परंतु मेंडल ने अपने विज्ञान एवं गणितीय ज्ञान को समिश्रित किया। वह पहले वैज्ञानिक थे, जिन्होंने प्रत्येक पीढ़ी के एक-एक पौधे द्वारा प्रदर्शित लक्षणों का रिकॉर्ड रखा तथा गणना की। इससे उन्हें वंशागत नियमों के प्रतिपादन में सहायता मिली।

मेंडल ने मटर के पौधे के अनेक विपर्यासी (विकल्पी) लक्षणों का अध्ययन किया, जो स्थूल रूप से दिखाई देते हैं, उदाहरणतः गोल/झुर्रीदार बीज, लंबे/बौने पौधे, सफेद/बैंगनी फूल इत्यादि। उसने विभिन्न लक्षणों वाले मटर के पौधों को लिया जैसे कि लंबे पौधे तथा बौने पौधे। इससे प्राप्त संतति पीढ़ी में लंबे एवं बौने पौधों के प्रतिशत की गणना की।

प्रथम संतति पीढ़ी अथवा F_1 में कोई पौधा बीच की ऊँचाई का नहीं था। सभी पौधे लंबे थे। इसका अर्थ था कि दो लक्षणों में से केवल एक पैतृक जनकीय लक्षण ही दिखाई देता है, उन दोनों का मिश्रित प्रभाव दृष्टिगोचर नहीं होता। तो अगला प्रश्न था कि क्या F_1 पीढ़ी के पौधे अपने पैतृक लंबे पौधों से पूर्ण रूप से समान थे? मेंडल ने अपने प्रयोगों में दोनों प्रकार के पैतृक पौधों एवं F_1 पीढ़ी के पौधों को स्वपरागण द्वारा उगाया। पैतृक पीढ़ी के पौधों से प्राप्त सभी संतति भी लंबे पौधों की थी। परंतु F_1 पीढ़ी के लंबे पौधों की दूसरी पीढ़ी अर्थात F_2 पीढ़ी के सभी पौधे लंबे नहीं थे वरन् उनमें से एक चौथाई संतति बौने पौधे थे। यह इंगित करता है कि F_1 पौधों द्वारा लंबाई एवं बौनेपन दोनों विशेषकों (लक्षणों) की वंशानुगति हुई। परंतु केवल लंबाई वाला लक्षण ही व्यक्त हो पाया। अतः लैंगिक जनन द्वारा उत्पन्न होने वाले जीवों में किसी भी लक्षण की दो प्रतिकृतियों की (स्वरूप) वंशानुगति होती है। ये दोनों एकसमान हो सकते हैं अथवा भिन्न हो सकते हैं, जो उनके जनक पर निर्भर करता है। इस परिकल्पना के आधार पर वंशानुगति का तैयार किया गया एक पैटर्न चित्र 8.3 में दर्शाया गया है।

चित्र 8.3 दो पीढ़ियों तक लक्षणों की वंशानुगति

क्रियाकलाप 8.2

- चित्र 8.3 में हम कौन सा प्रयोग करते हैं जिससे यह सुनिश्चित होता है कि F_2 पीढ़ी में वास्तव में TT, Tt तथा tt का संयोजन 1:2:1 अनुपात में प्राप्त होता है?

चित्र 8.5 *दो अलग-अलग लक्षणों (बीजों की आकृति एवं रंग) की स्वतंत्र वंशानुगति*

इस व्याख्या में 'TT' एवं 'Tt' दोनों ही लंबे पौधे हैं, जबकि केवल 'tt' बौने पौधे हैं। दूसरे शब्दों में, 'T' की एक प्रति ही पौधे को लंबा बनाने के लिए पर्याप्त है, जबकि बौनेपन के लिए 't' की दोनों प्रतियाँ 't' ही होनी चाहिए। 'T' जैसे लक्षण 'प्रभावी' लक्षण कहलाते हैं, जबकि जो लक्षण 't' की तरह व्यवहार करते हैं 'अप्रभावी' कहलाते हैं। चित्र 8.4 में कौन-सा लक्षण प्रभावी है तथा कौन-सा अप्रभावी है।

क्या होता है जब मटर के पौधों में एक विकल्पी जोड़े के स्थान पर दो विकल्पी जोड़ों का अध्ययन करने के लिए संकरण कराया जाए? गोल बीज वाले लंबे पौधों का यदि झुर्रीदार बीजों वाले बौने पौधों से संकरण कराया जाए तो प्राप्त संतति कैसी होगी? F_1 पीढ़ी के सभी पौधे लंबे एवं गोल बीज वाले होंगे। अतः लंबाई तथा गोल बीज 'प्रभावी' लक्षण हैं। परंतु क्या होता है जब F_1 संतति के स्वनिषेचन से F_2 पीढ़ी की संतति प्राप्त होती है? मेंडल द्वारा किए गए पहले प्रयोग के आधार पर हम कह सकते हैं कि F_2 संतति के कुछ पौधे गोल बीज वाले लंबे पौधे होंगे तथा कुछ झुर्रीदार बीज वाले बौने पौधे। परंतु F_2 की संतति के कुछ पौधे नए संयोजन प्रदर्शित करेंगे। उनमें से कुछ पौधे लंबे परंतु झुर्रीदार बीज तथा कुछ पौधे बौने परंतु गोल बीज वाले होंगे। यहाँ आप देख सकते हैं कि किस तरह F_2 पीढ़ी में नए लक्षणों का संयोजन देखने को मिला जब बीज के आकार व रंग को नियंत्रित करने वाले कारकों के पुनर्संयोजन से युग्मनज बना जो F_2 पीढ़ी में अग्रणी रहा। अतः लंबे/बौने लक्षण तथा गोल/झुर्रीदार लक्षण स्वतंत्र रूप से वंशानुगत होते हैं। एक और उदाहरण चित्र 8.5 में दर्शाया गया है।

8.2.3 यह लक्षण अपने आपको किस प्रकार व्यक्त करते हैं?

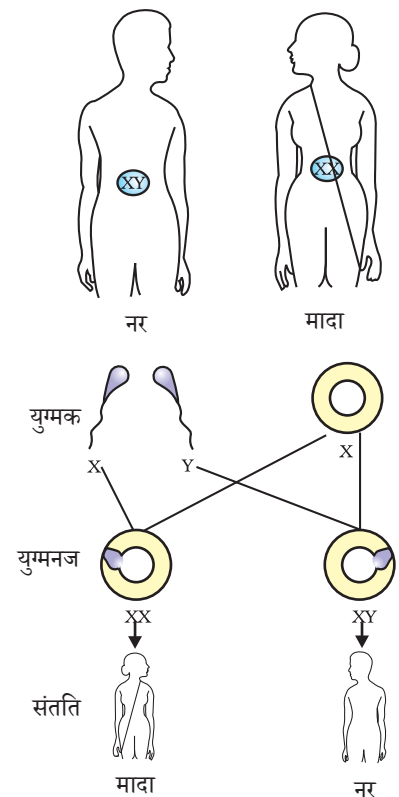
आनुवंशिकता कार्य विधि किस प्रकार होती है? कोशिका के डी.एन.ए. में प्रोटीन संश्लेषण के लिए एक सूचना स्रोत होता है। डी.एन.ए. का वह भाग जिसमें किसी प्रोटीन संश्लेषण के लिए सूचना होती है, उस प्रोटीन का जीन कहलाता है। प्रोटीन विभिन्न लक्षणों की अभिव्यक्ति को किस प्रकार नियंत्रित करती है, इसकी हम यहाँ चर्चा करते हैं? आइए, पौधों की लंबाई के एक लक्षण को उदाहरण के रूप में लेते हैं। हम जानते हैं कि पौधों में कुछ हार्मोन होते हैं, जो लंबाई का नियंत्रण करते हैं। अतः किसी पौधे की लंबाई पौधे में उपस्थित उस हार्मोन की मात्रा पर निर्भर करती है। पौधे के हार्मोन की मात्रा उस प्रक्रम की दक्षता पर निर्भर करेगी, जिसके द्वारा यह उत्पादित होता है। एंजाइम इस प्रक्रम के लिए महत्वपूर्ण है। यदि यह एंजाइम (प्रकिण्व) दक्षता से कार्य करेगा तो हार्मोन पर्याप्त मात्रा में बनेगा तथा पौधा लंबा होगा। यदि इस प्रोटीन के जीन में कुछ परिवर्तन आते हैं तो बनने वाली प्रोटीन की दक्षता पर प्रभाव पड़ेगा वह

कम दक्ष होगी। अतः बनने वाले हार्मोन की मात्रा भी कम होगी तथा पौधा बौना होगा। अतः जीन लक्षणों (traits) को नियंत्रित करते हैं।

यदि मेंडल के प्रयोगों की व्याख्या जिसकी हम चर्चा कर रहे थे, ठीक है तो इसकी चर्चा हम पिछले अध्याय में कर चुके हैं। लैंगिक प्रजनन के दौरान संतति के डी.एन.ए. में दोनों जनक का समान रूप से योगदान होगा। यदि दोनों जनक संतति के लक्षण के निर्धारण में सहायता करते हैं तो दोनों जनक एक ही जीन की एक प्रतिकृति संतति को प्रदान करेंगे। इसका अर्थ है कि मटर के प्रत्येक पौधे में सभी जीन के दो-सेट होंगे, प्रत्येक जनक से एक सेट की वंशानुगति होती है। इस तरीके को सफल करने के लिए प्रत्येक जनन कोशिका में जीन का केवल एक ही सेट होगा।

जबकि सामान्य कायिक कोशिका में जीन के सेट की दो प्रतियाँ (copies) होती हैं, फिर इनसे जनन कोशिका में इसका एक सेट किस प्रकार बनता है? यदि संतति पौधे को जनक पौधे से संपूर्ण जीनों का एक पूर्ण सेट प्राप्त होता है तो चित्र 8.5 में दर्शाया प्रयोग सफल नहीं हो सकता। इसका मुख्य कारण यह है कि दो लक्षण 'R' तथा 'y' सेट में एक-दूसरे से संलग्न रहेंगे तथा स्वतंत्र रूप में आहरित नहीं हो सकते। इसे इस तथ्य के आधार पर समझा जा सकता है कि वास्तव में एक जीन सेट केवल एक डी.एन.ए. शृंखला के रूप में न होकर डी.एन.ए. के अलग-अलग स्वतंत्र रूप में होते हैं, प्रत्येक एक गुण सूत्र कहलाता है। अतः प्रत्येक कोशिका में प्रत्येक गुणसूत्र की दो प्रतिकृतियाँ होती हैं, जिनमें से एक नर तथा दूसरी मादा जनक से प्राप्त होती हैं। प्रत्येक जनक कोशिका (पैतृक अथवा मातृक) से गुणसूत्र के प्रत्येक जोड़े का केवल एक गुणसूत्र ही एक जनन कोशिका (युग्मक) में जाता है। जब दो युग्मकों का संलयन होता है तो बने हुए युग्मनज में गुणसूत्रों की संख्या पुनः सामान्य हो जाती है तथा संतति में गुणसूत्रों की संख्या निश्चित बनी रहती है, जो स्पीशीज के डी.एन.ए. के स्थायित्व को सुनिश्चित करता है। वंशागति की इस क्रियाविधि से मेंडल के प्रयोगों के परिणाम की व्याख्या हो जाती है। इसका उपयोग लैंगिक जनन वाले सभी जीव करते हैं, परंतु अलैंगिक जनन करने वाले जीव भी वंशागति के इन्हीं नियमों का पालन करते हैं। क्या हम पता लगा सकते हैं कि उनमें वंशानुगति किस प्रकार होती है?

8.2.4 लिंग निर्धारण

इस बात की चर्चा हम कर चुके हैं कि लैंगिक जनन में भाग लेने वाले दो एकल जीव किसी न किसी रूप में एक-दूसरे से भिन्न होते हैं, जिसके कई कारण हैं। नवजात का लिंग निर्धारण कैसे होता है? अलग-अलग स्पीशीज इसके लिए अलग-अलग युक्ति अपनाते हैं। कुछ पूर्ण रूप से पर्यावरण पर निर्भर करते हैं। इसलिए कुछ प्राणियों में (जैसे कुछ सरीसृप) लिंग निर्धारण निषेचित अंडे (युग्मक) के ऊष्मायन ताप पर निर्भर करता है कि संतति नर होगी या मादा। घोंघे जैसे कुछ प्राणी अपना लिंग बदल सकते हैं, जो इस बात का संकेत है कि इनमें लिंग निर्धारण आनुवंशिक नहीं है, लेकिन, मानव में लिंग निर्धारण आनुवंशिक आधार पर होता है। दूसरे शब्दों में, जनक जीवों से वंशानुगत जीन ही इस बात का निर्णय करते हैं कि संतति लड़का होगा अथवा

चित्र 8.6 मानव में लिंग निर्धारण

लड़की, परंतु अभी तक हम मानते रहे हैं कि दोनों जनकों से एक जैसे जीन सेट संतति में जाते हैं। यदि यह शाश्वत नियम है तो फिर लिंग निर्धारण वंशानुगत कैसे हो सकता है?

इसकी व्याख्या इस तथ्य में निहित है कि मानव के सभी गुणसूत्र पूर्णरूपेण युग्म नहीं होते। मानव में अधिकतर गुणसूत्र माता और पिता के गुणसूत्रों के प्रतिरूप होते हैं। इनकी संख्या 22 जोड़े हैं। परंतु एक युग्म जिसे लिंग सूत्र कहते हैं, जो सदा पूर्णजोड़े में नहीं होते। स्त्री में गुणसूत्र का पूर्ण युग्म होता है तथा दोनों 'X' कहलाते हैं। लेकिन पुरुष (नर) में यह जोड़ा परिपूर्ण जोड़ा नहीं होता, जिसमें एक गुण सूत्र सामान्य आकार का 'X' होता है तथा दूसरा गुणसूत्र छोटा होता है, जिसे 'Y' गुणसूत्र कहते हैं। अतः स्त्रियों में 'XX' तथा पुरुष में 'XY' गुणसूत्र होते हैं। क्या अब हम X और Y का वंशानुगत पैटर्न पता कर सकते हैं?

जैसा कि चित्र 8.6 में दर्शाया गया है, सामान्यतः आधे बच्चे लड़के एवं आधे लड़की हो सकते हैं। सभी बच्चे चाहे वह लड़का हो अथवा लड़की, अपनी माता से 'X' गुणसूत्र प्राप्त करते हैं। अतः बच्चों का लिंग निर्धारण इस बात पर निर्भर करता है कि उन्हें अपने पिता से किस प्रकार का गुणसूत्र प्राप्त हुआ है। जिस बच्चे को अपने पिता से 'X' गुणसूत्र वंशानुगत हुआ है वह लड़की एवं जिसे पिता से 'Y' गुणसूत्र वंशानुगत होता है, वह लड़का।

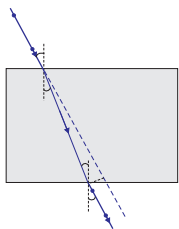
प्रश्न

1. मेंडल के प्रयोगों द्वारा कैसे पता चला कि लक्षण प्रभावी अथवा अप्रभावी होते हैं?
2. मेंडल के प्रयोगों से कैसे पता चला कि विभिन्न लक्षण स्वतंत्र रूप से वंशानुगत होते हैं?
3. एक 'A-रुधिर वर्ग' वाला पुरुष एक स्त्री जिसका रुधिर वर्ग 'O' है, से विवाह करता है। उनकी पुत्री का रुधिर वर्ग - 'O' है। क्या यह सूचना पर्याप्त है यदि आपसे कहा जाए कि कौन सा विकल्प लक्षण-रुधिर वर्ग- 'A' अथवा 'O' प्रभावी लक्षण हैं? अपने उत्तर का स्पष्टीकरण दीजिए।
4. मानव में बच्चे का लिंग निर्धारण कैसे होता है?

आपने क्या सीखा

- जनन के समय उत्पन्न विभिन्नताएँ वंशानुगत हो सकती हैं।
- इन विभिन्नताओं के कारण जीव की उत्तरजीविता में वृद्धि हो सकती है।
- लैंगिक जनन वाले जीवों में एक अभिलक्षण (Trait) के जीन के दो प्रतिरूप (Copies) होते हैं। इन प्रतिरूपों के एकसमान न होने की स्थिति में जो अभिलक्षण व्यक्त होता है उसे प्रभावी लक्षण तथा अन्य को अप्रभावी लक्षण कहते हैं।
- विभिन्न लक्षण किसी जीव में स्वतंत्र रूप से वंशानुगत होते हैं। संतति में नए संयोग उत्पन्न होते हैं।
- विभिन्न स्पीशीज़ में लिंग निर्धारण के कारक भिन्न होते हैं। मानव में संतान का लिंग इस बात पर निर्भर करता है कि पिता से मिलने वाले गुणसूत्र 'X' (लड़कियों के लिए) अथवा 'Y' (लड़कों के लिए) किस प्रकार के हैं।

अभ्यास

1. मेंडल के एक प्रयोग में लंबे मटर के पौधे जिनके बैंगनी पुष्प थे, का संकरण बौने पौधों जिनके सफेद पुष्प थे, से कराया गया। इनकी संतति के सभी पौधों में पुष्प बैंगनी रंग के थे। परंतु उनमें से लगभग आधे बौने थे। इससे कहा जा सकता है कि लंबे जनक पौधों की आनुवंशिक रचना निम्नलिखित थी—
   (a) TTWW
   (b) TTww
   (c) TtWW
   (d) TtWw
2. एक अध्ययन से पता चला कि हल्के रंग की आँखों वाले बच्चों के जनक (माता-पिता) की आँखें भी हल्के रंग की होती हैं। इसके आधार पर क्या हम कह सकते हैं कि आँखों के हल्के रंग का लक्षण प्रभावी है अथवा अप्रभावी? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।
3. कुत्ते की खाल का प्रभावी रंग ज्ञात करने के उद्देश्य से एक प्रोजेक्ट बनाइए।
4. संतति में नर एवं मादा जनकों द्वारा आनुवंशिक योगदान में बराबर की भागीदारी किस प्रकार सुनिश्चित की जाती है।

अध्याय 9

प्रकाश – परावर्तन तथा अपवर्तन

हम इस संसार में अपने चारों ओर अनेक प्रकार की वस्तुएँ देखते हैं। तथापि, किसी अँधेरे कमरे में हम कुछ भी देखने में असमर्थ हैं। कमरे को प्रकाशित करने पर चीजें दिखलाई देने लगती हैं। वह क्या है जो वस्तुओं को दृश्यमान बनाता है। दिन के समय सूर्य का प्रकाश वस्तुओं को देखने में हमारी सहायता करता है। कोई वस्तु उस पर पड़ने वाले प्रकाश को परावर्तित करती है। यह परावर्तित प्रकाश जब हमारी आँखों द्वारा ग्रहण किया जाता है, तो हमें वस्तुओं को देखने योग्य बनाता है। हम किसी पारदर्शी माध्यम के आर-पार देख सकते हैं, क्योंकि प्रकाश इसमें से पार (transmitted) हो जाता है। प्रकाश से संबद्ध अनेक सामान्य तथा अद्भुत परिघटनाएँ हैं; जैसे– दर्पणों द्वारा प्रतिबिंब का बनना, तारों का टिमटिमाना, इंद्रधनुष के सुंदर रंग, किसी माध्यम द्वारा प्रकाश को मोड़ना आदि। प्रकाश के गुणों का अध्ययन इनके अन्वेषण में हमारी सहायता करेगा।

अपने चारों ओर कुछ सामान्य प्रकाशिक परिघटनाओं को देख कर हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि प्रकाश सरल रेखाओं में गमन करता प्रतीत होता है। यह तथ्य कि एक छोटा प्रकाश स्रोत किसी अपारदर्शी वस्तु की तीक्ष्ण छाया बनाता है, प्रकाश के एक सरलरेखीय पथ की ओर इंगित करता है, जिसे प्रायः **प्रकाश किरण** कहते हैं।

यह भी जानिए!

यदि प्रकाश के पथ में रखी अपारदर्शी वस्तु अत्यंत छोटी हो तो प्रकाश सरल रेखा में चलने की बजाय इसके किनारों पर मुड़ने की प्रवृत्ति दर्शाता है– इस प्रभाव को प्रकाश का **विवर्तन** कहते हैं। तब वह प्रकाशिकी, जिसमें सरलरेखीय व्यवहार के आधार पर किरणों का उपयोग करते हैं, असफल होने लगती हैं। विवर्तन जैसी परिघटनाओं की व्याख्या करने के लिए प्रकाश को तरंग के रूप में माना जाता है, जिसका विस्तृत अध्ययन आप उच्च कक्षाओं में करेंगे। पुन: 20वीं शताब्दी के प्रारंभ में यह स्पष्ट हो गया कि प्रकाश की द्रव्य के साथ अन्योन्यक्रिया के विवेचन में प्रकाश का तरंग सिद्धांत अपर्याप्त है तथा प्रकाश प्रायः कणों के प्रवाह की भाँति व्यवहार करता है। प्रकाश की सही प्रकृति के बारे में यह उलझन कुछ वर्षों तक चलती रही जब तक कि प्रकाश का आधुनिक क्वांटम सिद्धांत उभर कर सामने नहीं आया, जिसमें प्रकाश को न तो 'तरंग' माना गया न ही 'कण'। इस नए सिद्धांत ने प्रकाश के कण संबंधी गुणों तथा तरंग प्रकृति के बीच सामंजस्य स्थापित किया।

इस अध्याय में हम प्रकाश के परावर्तन तथा अपवर्तन की परिघटनाओं का, प्रकाश के सरलरेखीय गमन का उपयोग करके, अध्ययन करेंगे। ये मूल धारणाएँ प्रकृति में घटनेवाली कुछ प्रकाशिक परिघटनाओं के अध्ययन में हमारी सहायता करेंगी। इस अध्याय में हम गोलीय दर्पणों द्वारा प्रकाश के परावर्तन, प्रकाश के अपवर्तन एवं वास्तविक जीवन में उनके अनुप्रयोगों को समझने का प्रयत्न करेंगे।

9.1 प्रकाश का परावर्तन

उच्च कोटि की पॉलिश किया हुआ पृष्ठ, जैसे कि दर्पण, अपने पर पड़नेवाले अधिकांश प्रकाश को परावर्तित कर देता है। आप प्रकाश के परावर्तन के नियमों से पहले से ही परिचित हैं। आइए, इन नियमों को स्मरण करें—

(i) आपतन कोण, परावर्तन कोण के बराबर होता है, तथा

(ii) आपतित किरण, दर्पण के आपतन बिंदु पर अभिलंब तथा परावर्तित किरण, सभी एक ही तल में होते हैं।

परावर्तन के ये नियम गोलीय पृष्ठों सहित सभी प्रकार के परावर्तक पृष्ठों के लिए लागू होते हैं। आप समतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब के बनने से परिचित हैं। प्रतिबिंब की क्या विशेषताएँ हैं? समतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब सदैव आभासी तथा सीधा होता है। प्रतिबिंब का साइज़ बिंब (वस्तु) के साइज़ के बराबर होता है। प्रतिबिंब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर बनता है, जितनी दूरी पर दर्पण के सामने बिंब रखा होता है। इसके अतिरिक्त प्रतिबिंब पार्श्व परिवर्तित होता है। यदि परावर्तक पृष्ठ वक्रित हों तो प्रतिबिंब कैसे बनेंगे? आइए देखें।

क्रियाकलाप 9.1

- एक बड़ी चमकदार चम्मच लीजिए। इसके वक्रित पृष्ठ में अपना चेहरा देखने का प्रयत्न कीजिए।
- क्या आप प्रतिबिंब देख पाते हैं? यह छोटा है या बड़ा?
- चम्मच को धीरे-धीरे अपने चेहरे से दूर ले जाइए। प्रतिबिंब को देखते रहिए। यह कैसे परिवर्तित होता है?
- चम्मच को उलटा कीजिए (पलटिए) तथा दूसरे पृष्ठ से क्रियाकलाप को दोहराइए। अब प्रतिबिंब कैसा दिखलाई देता है?
- दोनों पृष्ठों पर प्रतिबिंब के अभिलक्षणों की तुलना कीजिए।

चमकदार चम्मच का वक्रित पृष्ठ एक वक्रित दर्पण की भाँति माना जा सकता है। सबसे अधिक उपयोग में आने वाले सामान्यतः वक्रित दर्पण का प्रारूप गोलीय दर्पण है। इस प्रकार के दर्पणों के परावर्तक पृष्ठ किसी गोले के पृष्ठ का एक भाग माना जा सकता है। **ऐसे दर्पण जिनका परावर्तक पृष्ठ गोलीय है, गोलीय दर्पण कहलाते हैं।** अब हम गोलीय दर्पणों के बारे में कुछ विस्तार से अध्ययन करेंगे।

9.2 गोलीय दर्पण

गोलीय दर्पण का परावर्तक पृष्ठ अंदर की ओर या बाहर की ओर वक्रित हो सकता है। गोलीय दर्पण, जिसका परावर्तक पृष्ठ अंदर की ओर अर्थात गोले के केंद्र की ओर वक्रित है, वह **अवतल**

दर्पण कहलाता है। वह गोलीय दर्पण जिसका परावर्तक पृष्ठ बाहर की ओर वक्रित है, **उत्तल दर्पण** कहलाता है। इन दर्पणों का आरेखीय निरूपण चित्र 9.1 में किया गया है। इन चित्रों में नोट कीजिए कि दर्पणों का पृष्ठभाग छायांकित है।

अब आप समझ सकते हैं कि चम्मच का अंदर की ओर वक्रित पृष्ठ लगभग अवतल दर्पण जैसा है तथा चम्मच का बाहर की ओर उभरा पृष्ठ लगभग उत्तल दर्पण जैसा है।

गोलीय दर्पणों के बारे में और अधिक ज्ञान प्राप्त करने से पहले आइए हम कुछ शब्दों अथवा पदों (terms) को जानें तथा उनका अर्थ समझें। ये शब्द गोलीय दर्पणों के बारे में चर्चा करते समय सामान्यतः प्रयोग में आते हैं। गोलीय दर्पण के परावर्तक पृष्ठ के केंद्र को दर्पण का **ध्रुव** कहते हैं। यह दर्पण के पृष्ठ पर स्थित होता है। ध्रुव को प्रायः P अक्षर से निरूपित करते हैं।

गोलीय दर्पण का परावर्तक पृष्ठ एक गोले का भाग है। इस गोले का केंद्र गोलीय दर्पण का **वक्रता केंद्र** कहलाता है। यह अक्षर C से निरूपित किया जाता है। कृपया ध्यान दें कि वक्रता केंद्र दर्पण का भाग नहीं है। यह परावर्तक पृष्ठ के बाहर स्थित है। अवतल दर्पण का वक्रता केंद्र परावर्तक पृष्ठ के सामने स्थित होता है। तथापि, उत्तल दर्पण में यह दर्पण के परावर्तक पृष्ठ के पीछे स्थित होता है। यह तथ्य आप चित्र 9.2 (a) तथा 9.2 (b) में नोट कर सकते हैं। गोलीय दर्पण का परावर्तक पृष्ठ जिस गोले का भाग है, उसकी त्रिज्या दर्पण की **वक्रता त्रिज्या** कहलाती है। इसे अक्षर R से निरूपित किया जाता है। ध्यान दीजिए कि PC दूरी वक्रता त्रिज्या के बराबर है। गोलीय दर्पण के ध्रुव तथा वक्रता त्रिज्या से गुज़रने वाली एक सीधी रेखा की कल्पना कीजिए। इस रेखा को दर्पण का मुख्य अक्ष कहते हैं। याद कीजिए कि **मुख्य अक्ष** दर्पण के ध्रुव पर अभिलंब है। आइए, दर्पण से संबंधित एक महत्वपूर्ण शब्द को एक क्रियाकलाप द्वारा समझें।

चित्र 9.1 *गोलीय दर्पणों का आरेखीय निरूपण; छायांकित भाग परावर्तक नहीं है।*

सर्वप्रथम कागज़ सुलगना प्रारंभ करता है और धुआँ उठने लगता है। अंततः यह आग भी पकड़ सकता है। यह क्यों जलता है? सूर्य से आने वाला प्रकाश दर्पण के द्वारा एक तीक्ष्ण, चमकदार बिंदु के रूप में अभिकेंद्रित होता है। वास्तव में कागज़ की शीट पर प्रकाश का यह बिंदु सूर्य का प्रतिबिंब है। यह बिंदु अवतल दर्पण का फोकस है। सूर्य के प्रकाश के संकेंद्रण से उत्पन्न ऊष्मा के कारण कागज़ जलता है। दर्पण की स्थिति से इस प्रतिबिंब की दूरी, दर्पण की फोकस दूरी का सन्निकट मान है।

क्रियाकलाप 9.2

चेतावनी— सूर्य की ओर या दर्पण द्वारा परावर्तित सूर्य के प्रकाश की ओर सीधा मत देखिए। यह आपकी आँखों को क्षतिग्रस्त कर सकता है।

- एक अवतल दर्पण को अपने हाथ में पकड़िए तथा इसके परावर्तक पृष्ठ को सूर्य की ओर कीजिए।
- दर्पण द्वारा परावर्तित प्रकाश को दर्पण के पास रखी एक कागज़ की शीट पर डालिए।
- कागज़ की शीट को धीरे-धीरे आगे पीछे कीजिए जब तक कि आपको कागज़ की शीट पर प्रकाश का एक चमकदार, तीक्ष्ण बिंदु प्राप्त न हो जाए।
- दर्पण तथा कागज़ को कुछ मिनट के लिए उसी स्थिति में पकड़े रखिए। आप क्या देखते हैं? ऐसा क्यों होता है?

आइए, इस प्रेक्षण को एक किरण आरेख से समझने का प्रयत्न करें।

चित्र 9.2 (a) को ध्यानपूर्वक देखिए। अवतल दर्पण पर मुख्य अक्ष के समांतर कुछ किरणें आपतित हो रही हैं। परावर्तित किरणों का प्रेक्षण कीजिए। वे सभी दर्पण की मुख्य अक्ष के एक बिंदु पर मिल रही प्रतिच्छेदी हैं। यह बिंदु **अवतल दर्पण का मुख्य फोकस** कहलाता है। इसी प्रकार चित्र 9.2 (b) को ध्यानपूर्वक देखिए। उत्तल दर्पण द्वारा मुख्य अक्ष के समांतर किरणें किस प्रकार परावर्तित होती हैं? परावर्तित किरणें मुख्य अक्ष पर एक बिंदु से आती हुई प्रतीत होती हैं। यह बिंदु **उत्तल दर्पण का मुख्य फोकस** कहलाता है। मुख्य फोकस को अक्षर F द्वारा निरूपित किया जाता है। गोलीय दर्पण के ध्रुव तथा मुख्य फोकस के बीच की दूरी **फोकस दूरी** कहलाती है। इसे अक्षर f द्वारा निरूपित करते हैं।

चित्र 9.2 (a) अवतल दर्पण (b) उत्तल दर्पण

गोलीय दर्पण का परावर्तक पृष्ठ अधिकांशतः गोलीय ही होता है। इस पृष्ठ की एक वृत्ताकार सीमा रेखा होती है। गोलीय दर्पण के परावर्तक पृष्ठ की इस वृत्ताकार सीमारेखा का व्यास, दर्पण का **द्वारक** (aperture) कहलाता है। चित्र 9.2 में दूरी MN द्वारक को निरूपित करती है। अपने विवेचन में हम केवल उन्हीं गोलीय दर्पणों पर विचार करेंगे, जिनका द्वारक इनकी वक्रता त्रिज्या से बहुत छोटा है।

क्या गोलीय दर्पण की वक्रता त्रिज्या R तथा फोकस दूरी f के बीच कोई संबंध है? छोटे द्वारक के गोलीय दर्पणों के लिए वक्रता त्रिज्या फोकस दूरी से दोगुनी होती है। हम इस संबंध को $R = 2f$ द्वारा व्यक्त कर सकते हैं। यह दर्शाता है कि किसी गोलीय दर्पण का मुख्य फोकस, उसके ध्रुव तथा वक्रता केंद्र को मिलाने वाली रेखा का मध्य बिंदु होता है।

9.2.1 गोलीय दर्पणों द्वारा प्रतिबिंब बनना

आप समतल दर्पणों द्वारा प्रतिबिंब बनने के बारे में अध्ययन कर चुके हैं। आप उनके द्वारा बनाए गए प्रतिबिंबों की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़ के बारे में भी जानते हैं। गोलीय दर्पणों द्वारा बने प्रतिबिंब कैसे होते हैं? किसी अवतल दर्पण द्वारा बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए बने प्रतिबिंबों की स्थिति का निर्धारण हम किस प्रकार कर सकते हैं? ये प्रतिबिंब वास्तविक हैं अथवा आभासी? क्या वे आवर्धित हैं, छोटे हैं या समान साइज़ के हैं? हम एक क्रियाकलाप द्वारा इसका अन्वेषण करेंगे।

क्रियाकलाप 9.3

- अवतल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात करने की विधि पहले ही सीख चुके हैं। क्रियाकलाप 9.2 में आपने देखा है कि आपको कागज़ पर मिला प्रकाश का तीक्ष्ण चमकदार बिंदु वास्तव में सूर्य का प्रतिबिंब है। यह अत्यंत छोटा, वास्तविक तथा उलटा है। दर्पण से इस प्रतिबिंब की दूरी माप कर आपने अवतल दर्पण की लगभग फोकस दूरी ज्ञात की थी।

- एक अवतल दर्पण लीजिए। ऊपर वर्णित विधि से इसकी सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। फोकस दूरी का मान नोट कीजिए। (आप किसी दूरस्थ वस्तु का प्रतिबिंब एक कागज़ की शीट पर प्राप्त करके भी फोकस दूरी ज्ञात कर सकते हैं।)
- मेज़ पर चॉक से एक लाइन बनाइए। अवतल दर्पण को एक स्टैंड पर रखिए। स्टैंड को लाइन पर इस प्रकार रखिए कि दर्पण का ध्रुव इस लाइन पर स्थित हो।
- चॉक से पहली लाइन के समांतर और इसके आगे, दो लाइनें इस प्रकार खींचिए कि किन्हीं दो उत्तरोत्तर लाइनों के बीच की दूरी दर्पण की फोकस दूरी के बराबर हो। ये लाइनें अब क्रमशः बिंदुओं P, F तथा C की स्थितियों के तदनुरूपी होंगी। *याद रखिए— छोटे द्वारक के गोलीय दर्पण के लिए मुख्य फोकस* F, *ध्रुव* P *तथा वक्रता केंद्र* C *को मिलाने वाली रेखा के मध्य बिंदु पर स्थित होता है।*
- एक चमकीला बिंब, जैसे एक जलती हुई मोमबत्ती C से बहुत दूर किसी स्थिति पर रखिए। एक कागज़ का परदा रखिए तथा इसको दर्पण के सामने आगे-पीछे तब तक खिसकाइए जब तक कि आपको इस पर मोमबत्ती की लौ का तीक्ष्ण तथा चमकीला प्रतिबिंब प्राप्त न हो जाए।
- प्रतिबिंब को ध्यानपूर्वक देखिए। इसकी प्रकृति, स्थिति तथा बिंब के साइज़ के सापेक्ष इसका आपेक्षिक साइज़ नोट कीजिए।
- इस क्रियाकलाप को मोमबत्ती की निम्नलिखित स्थितियों के लिए दोहराइए—
  (a) C से थोड़ी दूर, (b) C पर, (c) F तथा C के बीच, (d) F पर तथा (e) P और F के बीच।
- इनमें से एक स्थिति में आप परदे पर प्रतिबिंब प्राप्त नहीं कर पाएँगे। इस अवस्था में बिंब की स्थिति को अभिनिर्धारित कीजिए। तब, इसके आभासी प्रतिबिंब को सीधे दर्पण में देखिए।
- अपने प्रेक्षणों को नोट कीजिए तथा सारणीबद्ध कीजिए।

उपरोक्त क्रियाकलाप में आप देखेंगे कि अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज़ बिंदु P, F तथा C के सापेक्ष बिंब की स्थिति पर निर्भर करते है। बिंब की कुछ स्थितियों के लिए बनने वाला प्रतिबिंब वास्तविक है। बिंब की कुछ दूसरी स्थितियों के लिए यह आभासी होता है। बिंब की स्थिति के अनुसार ही प्रतिबिंब आवर्धित, छोटा या समान साइज़ का होता है। इन प्रेक्षणों का संक्षिप्त विवरण, आपके निर्देशन के लिए सारणी 9.1 में दिया गया है।

सारणी 9.1 किसी अवतल दर्पण द्वारा बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए बने प्रतिबिंब

बिंब की स्थिति	प्रतिबिंब की स्थिति	प्रतिबिंब का साइज़	प्रतिबिंब की प्रकृति
अनंत पर	फोकस F पर	अत्यधिक छोटा, बिंदु साइज़	वास्तविक एवं उलटा
C से परे	F तथा C के बीच	छोटा	वास्तविक तथा उलटा
C पर	C पर	समान साइज़	वास्तविक तथा उलटा
C तथा F के बीच	C से परे	विवर्धित (बड़ा)	वास्तविक तथा उलटा
F पर	अनंत पर	अत्यधिक विवर्धित	वास्तविक तथा उलटा
P तथा F के बीच	दर्पण के पीछे	विवर्धित (बड़ा)	आभासी तथा सीधा

9.2.2 किरण आरेखों का उपयोग करके गोलीय दर्पणों द्वारा बने प्रतिबिंबों का निरूपण

गोलीय दर्पणों द्वारा प्रतिबिंबों के बनने का अध्ययन हम किरण आरेख खींचकर भी कर सकते हैं। गोलीय दर्पण के सामने रखे एक सीमित साइज़ के विस्तारित बिंब पर विचार कीजिए। इस बिंब का प्रत्येक छोटा भाग एक बिंदु बिंब की भाँति कार्य करता है। इन बिंदुओं में प्रत्येक से अनंत किरणें उत्पन्न होती हैं। बिंब के प्रतिबिंब का स्थान निर्धारण करने के लिए, किरण आरेख बनाते समय किसी बिंदु से निकलने वाली किरणों की विशाल संख्या में से सुविधानुसार कुछ को चुना जा सकता है। तथापि, किरण आरेख की स्पष्टता के लिए दो किरणों पर विचार करना अधिक सुविधाजनक है। ये किरणें ऐसी हों कि दर्पण से परावर्तन के पश्चात उनकी दिशाओं को जानना आसान हो।

कम-से-कम दो परावर्तित किरणों के प्रतिच्छेदन से किसी बिंदु बिंब के प्रतिबिंब की स्थिति ज्ञात की जा सकती है। प्रतिबिंब के स्थान निर्धारण के लिए निम्नलिखित में से किन्हीं भी दो किरणों पर विचार किया जा सकता है।

(i) *दर्पण के मुख्य अक्ष के समानांतर प्रकाश किरण,* परावर्तन के पश्चात अवतल दर्पण के मुख्य फोकस से गुज़रेगी अथवा उत्तल दर्पण के मुख्य फोकस से अपसरित होती प्रतीत होगी। यह चित्र 9.3 (a) एवं (b) में दर्शाया गया है।

(a)

(b)

चित्र 9.3

(ii) *अवतल दर्पण के मुख्य फोकस से गुजरने वाली किरण अथवा उत्तल दर्पण के मुख्य फोकस की ओर निर्देशित किरण* परावर्तन के पश्चात मुख्य अक्ष के समांतर निकलेगी। इसे चित्र 9.4 (a) तथा चित्र 9.4 (b) में दर्शाया गया है।

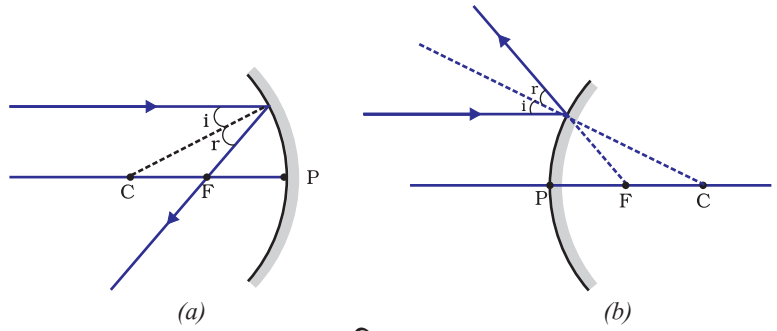
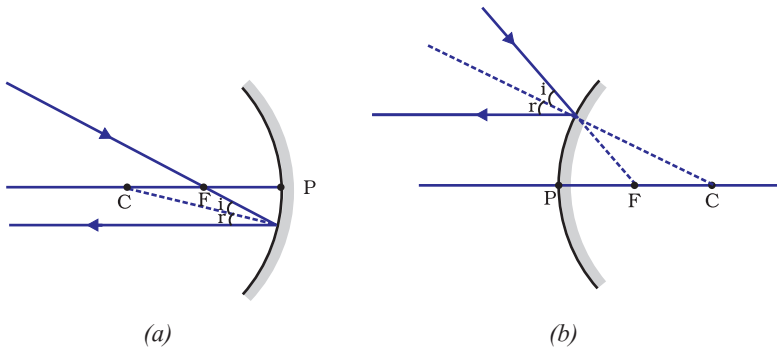
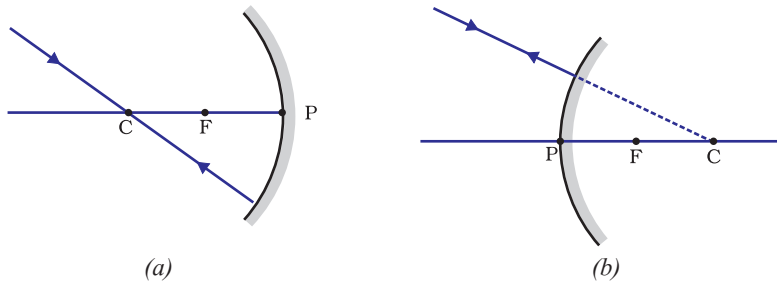
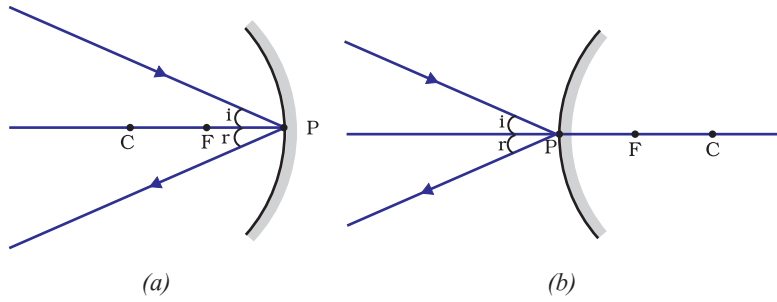
(a)

(b)

चित्र 9.4

(iii) *अवतल दर्पण के वक्रता केंद्र से गुजरने वाली किरण अथवा उत्तल दर्पण के वक्रता केंद्र की ओर निर्देशित किरण,* परावर्तन के पश्चात उसी पथ के अनुदिश वापस परावर्तित हो जाती है। इसे चित्र 9.5 (a) तथा 9.5 (b) में दर्शाया गया है। प्रकाश की किरणें उसी पथ से इसलिए वापस आती हैं, क्योंकि आपतित किरणें दर्पण के परावर्तक पृष्ठ पर अभिलंब के अनुदिश पड़ती हैं।

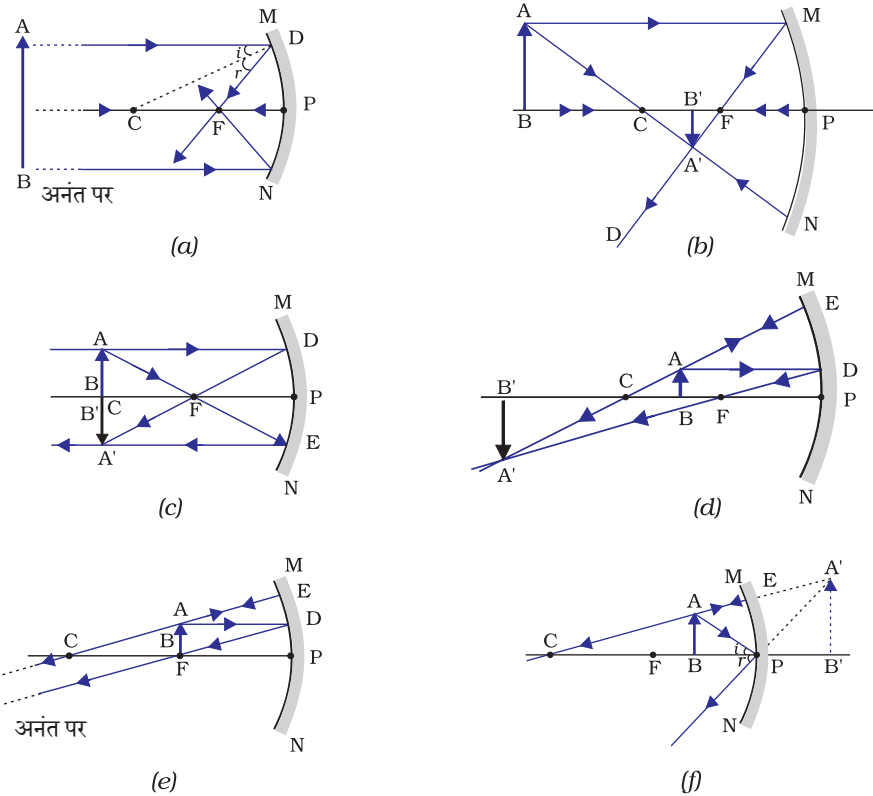
(a)

(b)

चित्र 9.5

चित्र 9.6

(iv) अवतल दर्पण चित्र 9.6 (a) अथवा उत्तल दर्पण चित्र 9.6 (b) के बिंदु P (दर्पण का ध्रुव) की ओर मुख्य अक्ष से तिर्यक दिशा में आपतित किरण, तिर्यक दिशा में ही परावर्तित होती है। आपतित तथा परावर्तित किरणें आपतन बिंदु (बिंदु P) पर मुख्य अक्ष से समान कोण बनाते हुए परावर्तन के नियमों का पालन करती हैं।

याद रखिए कि उपरोक्त सभी स्थितियों में परावर्तन के नियमों का पालन होता है। आपतन बिंदु पर आपतित किरण इस प्रकार परावर्तित होती है कि परावर्तन कोण का मान सदैव आपतन कोण के मान के बराबर हो।

(a) **अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब बनना**

चित्र 9.7 (a) से (f) में बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब का बनना किरण आरेखों द्वारा दर्शाया गया है।

चित्र 9.7 अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब का बनना दर्शाने के लिए किरण आरेख

क्रियाकलाप 9.4

- सारणी 9.1 में दर्शाई गई बिंब की प्रत्येक स्थिति के लिए स्वच्छ किरण आरेख खींचिए।
- प्रतिबिंब का स्थान निर्धारित करने के लिए आप पूर्व अनुच्छेद में वर्णित कोई दो किरणें ले सकते हैं।

- अपने चित्रों की तुलना चित्र 9.7 में दिए गए चित्रों से कीजिए।
- प्रत्येक दशा में बनने वाले प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़ का वर्णन कीजिए।
- अपने परिणामों को सुविधाजनक प्रारूप में सारणीबद्ध कीजिए।

अवतल दर्पणों के उपयोग

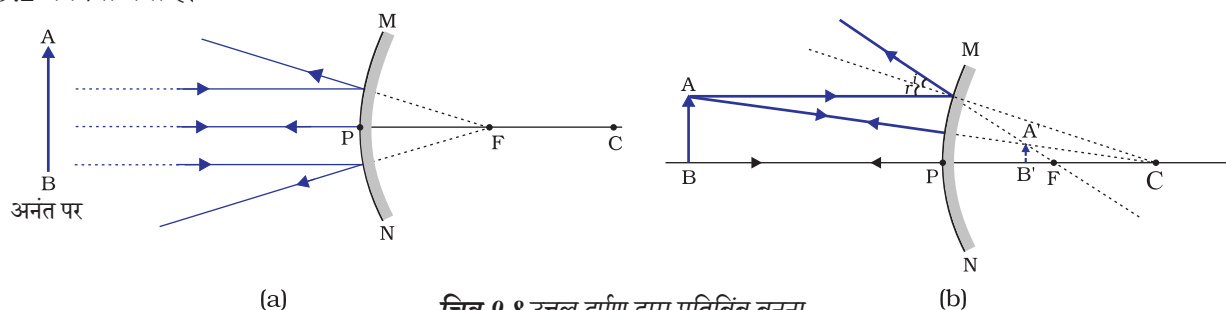
अवतल दर्पणों का उपयोग सामान्यतः टॉर्च, सर्चलाइट तथा वाहनों के अग्रदीपों (headlights) में प्रकाश का शक्तिशाली समानांतर किरण पुंज प्राप्त करने के लिए किया जाता है। इन्हें प्रायः चेहरे का बड़ा प्रतिबिंब देखने के लिए शेविंग दर्पणों (shaving mirrors) के रूप में उपयोग करते हैं। दंत विशेषज्ञ अवतल दर्पणों का उपयोग मरीजों के दाँतों का बड़ा प्रतिबिंब देखने के लिए करते हैं। सौर भट्टियों में सूर्य के प्रकाश को केंद्रित करने के लिए बड़े अवतल दर्पणों का उपयोग किया जाता है।

(b) **उत्तल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब बनना**

हमने अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब बनने के बारे में अध्ययन किया है। अब हम उत्तल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब बनने के बारे में अध्ययन करेंगे।

क्रियाकलाप 9.5

- कोई उत्तल दर्पण लीजिए। इसे एक हाथ में पकड़िए।
- दूसरे हाथ में एक सीधी खड़ी पेंसिल पकड़िए।
- दर्पण में पेंसिल का प्रतिबिंब देखिए। प्रतिबिंब सीधा है या उल्टा? क्या यह छोटा है अथवा विवर्धित (बड़ा) है?
- पेंसिल को धीरे-धीरे दर्पण से दूर ले जाइए। क्या प्रतिबिंब छोटा होता जाता है या बड़ा होता जाता है?
- क्रियाकलाप को सावधानीपूर्वक दोहराइए। बताइए कि जब बिंब को दर्पण से दूर ले जाते हैं तो प्रतिबिंब फोकस के निकट आता है अथवा उससे और दूर चला जाता है?

उत्तल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिंब का अध्ययन करने के लिए हम बिंब की दो स्थितियों पर विचार करते हैं। पहली स्थिति में बिंब अनंत दूरी पर है तथा दूसरी स्थिति में बिंब दर्पण से एक निश्चित दूरी पर है। बिंब की इन दो स्थितियों के लिए उत्तल दर्पण द्वारा बनाए गए प्रतिबिंबों के किरण आरेखों को क्रमशः चित्र 9.8 (a) तथा 9.8 (b) में दर्शाया गया है। परिणामों का संक्षिप्त विवरण सारणी 9.2 में दिया गया है।

चित्र 9.8 उत्तल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब बनना

सारणी 9.2 उत्तल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़

बिंब की स्थिति	प्रतिबिंब की स्थिति	प्रतिबिंब का साइज	प्रतिबिंब की प्रकृति
अनंत पर	फोकस F पर दर्पण के पीछे	अत्यधिक छोटा, बिंदु के साइज़ का	आभाषी तथा सीधा
अनंत तथा दर्पण के ध्रुव P के बीच	P तथा F के बीच	छोटा	आभाषी तथा सीधा

अभी तक आपने समतल दर्पण, अवतल दर्पण तथा उत्तल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब बनाने के बारे में अध्ययन किया है। इनमें से कौन-सा दर्पण किसी बड़े बिंब का पूरा प्रतिबिंब बनाएगा? आइए एक क्रियाकलाप द्वारा इसका अन्वेषण करें।

क्रियाकलाप 9.6

- समतल दर्पण में किसी दूरस्थ बिंब जैसे कोई दूरस्थ पेड़ का प्रतिबिंब देखिए।
- क्या आप पूर्ण-लंबाई (full-length) का प्रतिबिंब देख पाते हैं?
- विभिन्न साइज़ के समतल दर्पण लेकर प्रयोग दोहराइए। क्या आप दर्पण में बिंब का संपूर्ण प्रतिबिंब देख पाते हैं?
- इस क्रियाकलाप को अवतल दर्पण लेकर दोहराइए। क्या यह दर्पण बिंब की पूरी लंबाई का प्रतिबिंब बना पाता है?
- अब एक उत्तल दर्पण लेकर इस प्रयोग को दोहराइए। क्या आपको सफलता मिली? अपने प्रेक्षणों की कारण सहित व्याख्या कीजिए।

आप एक छोटे उत्तल दर्पण में किसी ऊँचे भवन/पेड़ का पूर्ण-लंबाई का प्रतिबिंब देख सकते हैं। आगरा किले की एक दीवार में ऐसा ही एक दर्पण ताजमहल की ओर लगा हुआ है। यदि आप कभी आगरा किला देखने जाएँ तो दीवार में लगे इस दर्पण में ताजमहल के पूरे प्रतिबिंब को देखने का प्रयास करें। मकबरे को स्पष्टतः देखने के लिए आपको दीवार से सटी हुई छत पर उचित स्थान पर खड़ा होना होगा।

उत्तल दर्पणों के उपयोग

उत्तल दर्पणों का उपयोग सामान्यतः वाहनों के पश्च-दृश्य (wing) दर्पणों के रूप में किया जाता है। ये दर्पण वाहन के पार्श्व (side) में लगे होते हैं तथा इनमें ड्राइवर अपने पीछे के वाहनों को देख सकते हैं, जिससे वे सुरक्षित रूप से वाहन चला सकें। उत्तल दर्पणों को इसलिए भी प्राथमिकता देते हैं, क्योंकि ये सदैव सीधा प्रतिबिंब बनाते हैं। यद्यपि वह छोटा होता है। इनका दृष्टि-क्षेत्र भी बहुत अधिक है, क्योंकि ये बाहर की ओर वक्रित होते हैं। अतः समतल दर्पण की तुलना में उत्तल दर्पण ड्राइवर को अपने पीछे के बहुत बड़े क्षेत्र को देखने में समर्थ बनाते हैं।

प्रश्न

1. अवतल दर्पण के मुख्य फोकस की परिभाषा लिखिए।
2. एक गोलीय दर्पण की वक्रता त्रिज्या 20 cm है। इसकी फोकस दूरी क्या होगी?
3. उस दर्पण का नाम बताइए, जो बिंब का सीधा तथा आवर्धित प्रतिबिंब बना सके।
4. हम वाहनों में उत्तल दर्पण को पश्च-दृश्य दर्पण के रूप में वरीयता क्यों देते हैं?

9.2.3 गोलीय दर्पणों द्वारा परावर्तन के लिए चिह्न परिपाटी

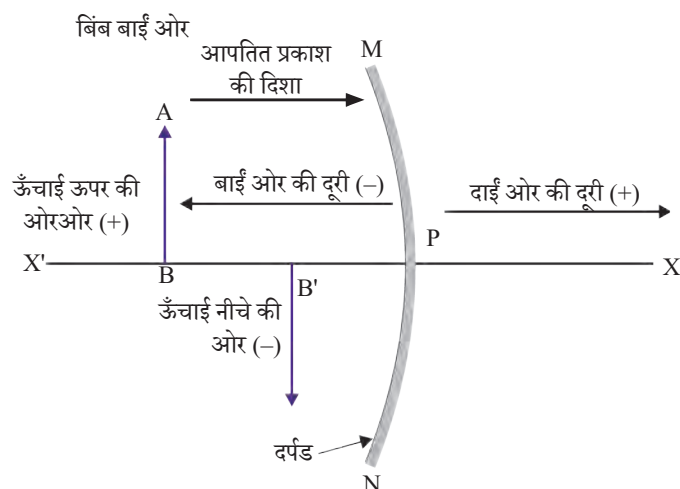
गोलीय दर्पणों द्वारा प्रकाश के परावर्तन पर विचार करते समय हम एक निश्चित चिह्न परिपाटी का पालन करेंगे, जिसे **नई कार्तीय चिह्न परिपाटी** कहते हैं। इस परिपाटी में दर्पण के ध्रुव (P) (चित्र 9.9) को मूल बिंदु मानते हैं। दर्पण के मुख्य अक्ष को निर्देशांक पद्धति का x-अक्ष (xx') लिया जाता है। यह परिपाटी निम्नलिखित प्रकार की है—

(i) बिंब सदैव दर्पण के बाईं ओर रखा जाता है। इसका अर्थ है कि दर्पण पर बिंब से प्रकाश बाईं ओर से आपतित होता है।

(ii) मुख्य अक्ष के समानांतर सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं।

(iii) मूल बिंदु के दाईं ओर (+ x-अक्ष के अनुदिश) मापी गई सभी दूरियाँ धनात्मक मानी जाती हैं, जबकि मूल बिंदु के बाईं ओर (– x-अक्ष के अनुदिश) मापी गई दूरियाँ ऋणात्मक मानी जाती हैं।

(iv) मुख्य अक्ष के लंबवत तथा ऊपर की ओर (+ y-अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली दूरियाँ धनात्मक मानी जाती हैं।

(v) मुख्य अक्ष के लंबवत तथा नीचे की ओर (– y-अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली दूरियाँ ऋणात्मक मानी जाती हैं।

चित्र 9.9 गोलीय दर्पणों के लिए नयी कार्तीय चिन्ह परिपाटी

ऊपर वर्णित नई कार्तीय चिह्न परिपाटी आपके संदर्भ के लिए चित्र 9.9 में दर्शाई गई है। यह चिह्न परिपाटी दर्पण का सूत्र प्राप्त करने तथा संबंधित आंकिक प्रश्नों को हल करने के लिए प्रयुक्त की गई है।

9.2.4 दर्पण सूत्र तथा आवर्धन

गोलीय दर्पण में इसके ध्रुव से बिंब की दूरी, बिंब दूरी (u) कहलाती है। दर्पण के ध्रुव से प्रतिबिंब की दूरी, प्रतिबिंब दूरी (v) कहलाती है। आपको पहले ही ज्ञात है कि ध्रुव से मुख्य फोकस की

दूरी, फोकस दूरी (f) कहलाती है। इन तीनों राशियों के बीच एक संबंध है, जिसे दर्पण सूत्र द्वारा प्रस्तुत किया जाता है।

इस सूत्र को निम्नलिखित प्रकार से व्यक्त करते हैं—

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f} \qquad (9.1)$$

यह संबंध सभी प्रकार के गोलीय दर्पणों के लिए तथा बिंब की सभी स्थितियों के लिए मान्य हैं। प्रश्नों को हल करते समय, जब आप दर्पण सूत्र में u, v, f तथा R के मान प्रतिस्थापित करें तो आपको नई कार्तीय चिह्न परिपाटी का प्रयोग करना चाहिए।

आवर्धन

गोलीय दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन वह आपेक्षिक विस्तार है, जिससे ज्ञात होता है कि कोई प्रतिबिंब बिंब की अपेक्षा कितना गुना आवर्धित है। इसे प्रतिबिंब की ऊँचाई तथा बिंब की ऊँचाई के अनुपात रूप में व्यक्त किया जाता है।

यदि h बिंब की ऊँचाई हो तथा h' प्रतिबिंब की ऊँचाई हो तो गोलीय दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन (m) प्राप्त होगा।

$$m = \frac{\text{प्रतिबिंब की ऊँचाई } (h')}{\text{बिंब की ऊँचाई } (h)}$$

$$m = \frac{h'}{h} \qquad (9.2)$$

आवर्धन m बिंब दूरी (u) तथा प्रतिबिंब दूरी (v) से भी संबंधित है। इसे व्यक्त किया जाता है—

$$\text{आवर्धन } (m) = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u} \qquad (9.3)$$

ध्यान दीजिए, बिंब की ऊँचाई धनात्मक ली जाती है, क्योंकि बिंब प्रायः मुख्य अक्ष के ऊपर रखा जाता है। आभासी प्रतिबिंबों के लिए बिंब की ऊँचाई धनात्मक लेनी चाहिए। तथापि वास्तविक प्रतिबिंबों के लिए इसे ऋणात्मक लेना चाहिए। आवर्धन के मान में ऋणात्मक चिह्न से ज्ञात होता है कि प्रतिबिंब वास्तविक है। आवर्धन के मान में धनात्मक चिह्न बताता है कि प्रतिबिंब आभासी है।

उदाहरण 9.1

किसी ऑटोमोबाइल में पीछे का दृश्य देखने के लिए उपयोग होने वाले उत्तल दर्पण की वक्रता त्रिज्या 3.00 m है। यदि एक बस इस दर्पण से 5.00 m की दूरी पर स्थित है तो प्रतिबिंब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज़ ज्ञात कीजिए।

हल

वक्रता त्रिज्या, $R = + 3.00$ m;

बिंब-दूरी, $u = – 5.00$ m;

प्रतिबिंब-दूरी, $v = ?$

प्रतिबिंब की ऊँचाई, $h' = ?$

फोकस दूरी $f = R/2 = + \frac{3.00 \text{ m}}{2} = + 1.50 \text{ m}$ (क्योंकि उत्तल दर्पण का मुख्य फ़ोकस दर्पण के पीछे है।)

क्योंकि $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

या $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = + \frac{1}{1.50} - \frac{1}{(-5.00)} = \frac{1}{1.50} + \frac{1}{5.00}$

$= \frac{5.00 + 1.50}{7.50}$

$v = \frac{+7.50}{6.50} = + 1.15 \text{ m}$

प्रतिबिंब दर्पण के पीछे 1.15 m की दूरी पर है।

आवर्धन, $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u} = - \frac{1.15 \text{ m}}{-5.00 \text{ m}}$

$= + 0.23$

प्रतिबिंब आभासी, सीधा तथा साइज़ में बिंब से छोटा (0.23 गुना) है।

उदाहरण 9.2

कोई 4.0 cm साइज़ का बिंब किसी 15.0 cm फोकस दूरी के अवतल दर्पण से 25.0 cm दूरी पर रखा है। दर्पण से कितनी दूरी पर किसी परदे को रखा जाए कि स्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त हो? प्रतिबिंब की प्रकृति तथा साइज़ ज्ञात कीजिए।

हल

बिंब-साइज़, $h = +4.0$ cm;

बिंब-दूरी, $u = -25.0$ cm;

फोकस दूरी $f = -15.0$ cm;

प्रतिबिंब-दूरी, $v = ?$

प्रतिबिंब-साइज़, $h' = ?$

समीकरण (9.1) से

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

या $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-15.0} - \frac{1}{-25.0} = -\frac{1}{15.0} + \frac{1}{25.0}$

या $\frac{1}{v} = \frac{-5.0 + 3.0}{75.0} = \frac{-2.0}{75.0}$ या, $v = -37.5$ cm

परदे को दर्पण के सामने 37.5 cm दूरी पर रखना चाहिए। प्रतिबिंब वास्तविक है।

इसी प्रकार, आवर्धन, $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$

या $h' = -\frac{vh}{u} = -\frac{(-37.5\ \text{cm})\ (+4.0\ \text{cm})}{(-25.0\ \text{cm})}$

प्रतिबिंब की ऊँचाई, $h' = -6.0$ cm

प्रतिबिंब उलटा तथा आवर्धित है।

प्रश्न

1. उस उत्तल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात कीजिए, जिसकी वक्रता-त्रिज्या 32 cm है।
2. कोई अवतल दर्पण आमने-सामने 10 cm की दूरी पर रखे किसी बिंब का तीन गुणा आवर्धित (बड़ा) वास्तविक प्रतिबिंब बनाता है। प्रतिबिंब दर्पण से कितनी दूरी पर है।

9.3 प्रकाश का अपवर्तन

किसी पारदर्शी माध्यम में प्रकाश सरल रेखा में गमन करता प्रतीत होता है। जब प्रकाश एक पारदर्शी माध्यम से दूसरे में प्रवेश करता है तो क्या होता है? क्या यह अब भी सरल रेखा में चलता है या अपनी दिशा बदलता है? हम अपने दिन-प्रतिदिन के कुछ अनुभवों को दोहराएँगे। आपने देखा होगा कि पानी से भरे किसी टैंक अथवा ताल या पोखर की तली उठी हुई प्रतीत होती है। इसी प्रकार, जब कोई मोटा काँच का स्लैब (सिल्ली) किसी मुद्रित सामग्री पर रखा जाता है, तो काँच के स्लैब के ऊपर से देखने पर अक्षर उठे हुए प्रतीत होते हैं। ऐसा क्यों होता है?

क्या आपने किसी काँच के बर्तन में रखे पानी में किसी पेंसिल को आंशिक रूप से डूबे देखा है? यह वायु तथा पानी के अंतरपृष्ठ पर (अर्थात पानी की ऊपरी सतह पर) टेढ़ी प्रतीत होती है। आपने देखा होगा कि पानी से भरे किसी काँच के बर्तन में रखे नींबू पार्श्व (side) से देखने पर अपने वास्तविक साइज़ से बड़े प्रतीत होते हैं। इन अनुभवों की व्याख्या आप किस प्रकार करेंगे?

आइए, पानी में आंशिक रूप से डूबी पेंसिल के मुड़े होने की घटना पर विचार करें। पेंसिल के पानी में डूबे भाग से आपके पास पहुँचने वाला प्रकाश, पेंसिल के पानी से बाहर के भाग की तुलना में भिन्न दिशा से आता हुआ प्रतीत होता है। इसी कारण पेंसिल मुड़ी हुई प्रतीत होती है। इन्ही कारणों से, जब अक्षरों के ऊपर काँच का स्लैब रखकर देखते हैं तो वे उठे हुए प्रतीत होते हैं।

यदि पानी के स्थान पर हम कोई अन्य द्रव जैसे किरोसिन या तारपीन का तेल प्रयोग करें, क्या तब भी पेंसिल उतनी ही मुड़ी हुई दिखेगी? यदि हम काँच के स्लैब को पारदर्शी प्लास्टिक के स्लैब से प्रतिस्थापित कर दें, क्या तब भी अक्षर उसी ऊँचाई तक उठे प्रतीत होंगे? आप देखेंगे कि अलग-अलग माध्यमों के युग्मों के लिए इन प्रभावों का विस्तार अलग-अलग है। ये प्रेक्षण सूचित

करते हैं कि प्रकाश सभी माध्यमों में एक ही दिशा में गमन नहीं करता। ऐसा प्रतीत होता है कि जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में तिरछा होकर जाता है तो दूसरे माध्यम में इसके संचरण की दिशा परिवर्तित हो जाती है। इस परिघटना को विस्तार से कुछ क्रियाकलाप करके समझें।

क्रियाकलाप 9.7

- पानी से भरी एक बाल्टी की तली पर एक सिक्का रखिए।
- अपनी आँख को पानी के ऊपर, किसी पार्श्व (side) में रखकर सिक्के को एक बार में उठाने का प्रयत्न कीजिए। क्या आप सिक्का उठाने में सफल हो पाते हैं?
- इस क्रियाकलाप को दोहराइए। आप इसे एक बार में करने में क्यों सफल नहीं हो पाए थे?
- अपने मित्रों से इसे करने के लिए कहिए। उनके साथ अपने अनुभव की तुलना कीजिए।

क्रियाकलाप 9.8

- किसी मेज़ पर एक बड़ा उथला कटोरा रखकर उसकी तली में एक सिक्का रखिए।
- कटोरे से धीरे-धीरे दूर हटिए। जब सिक्का ठीक दिखाई देना बंद हो जाए तो रुक जाइए।
- अपने मित्र से सिक्के को विक्षुब्ध किए बगैर कटोरे में पानी डालने को कहिए।
- अपनी स्थिति से सिक्के को देखते रहिए। क्या सिक्का उसी स्थिति से पुनः दिखाई देने लगता है? यह कैसे संभव हो पाता है?

कटोरे में पानी डालने पर सिक्का फिर से दिखलाई देने लगता है। प्रकाश के अपवर्तन के कारण सिक्का अपनी वास्तविक स्थिति से थोड़ा-सा ऊपर उठा हुआ प्रतीत होता है।

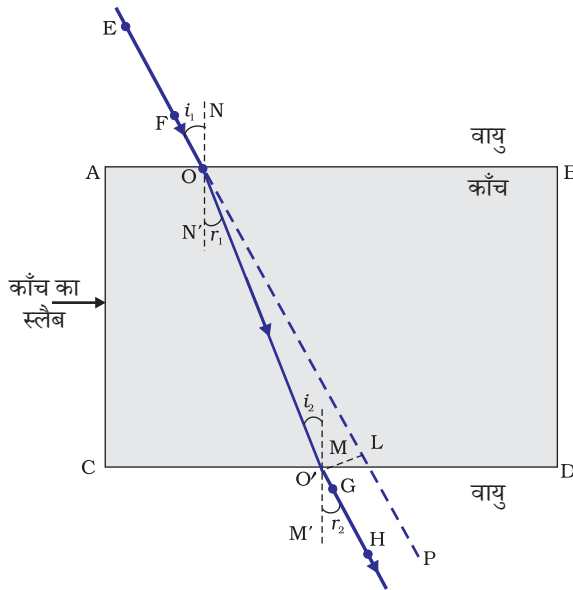
क्रियाकलाप 9.9

- मेज़ पर रखे एक सफ़ेद कागज़ की शीट पर एक मोटी सीधी रेखा खींचिए।
- इस रेखा के ऊपर एक काँच का स्लैब इस प्रकार रखिए कि इसकी एक कोर इस रेखा से कोई कोण बनाए।
- स्लैब के नीचे आए रेखा के भाग को पार्श्व (side) से देखिए। आप क्या देखते हैं? क्या काँच के स्लैब के नीचे की रेखा कोरों (edges) के पास मुड़ी हुई प्रतीत होती है?
- अब काँच के स्लैब को इस प्रकार रखिए कि यह रेखा के अभिलंबवत हो। अब आप क्या देखते हैं? क्या काँच के स्लैब के नीचे रेखा का भाग मुड़ा हुआ प्रतीत होता है?
- रेखा को काँच के स्लैब के ऊपर से देखिए। क्या स्लैब के नीचे रेखा का भाग उठा हुआ प्रतीत होता है? ऐसा क्यों होता है?

9.3.1 काँच के आयताकार स्लैब से अपवर्तन

काँच के स्लैब से प्रकाश के अपवर्तन की परिघटना को समझने के लिए आइए, एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.10

- एक ड्राइंग बोर्ड पर सफेद कागज की एक शीट, ड्राइंग पिनों की सहायता से लगाइए।
- शीट के ऊपर बीच में काँच का एक आयताकार स्लैब रखिए।
- पेंसिल से स्लैब की रूपरेखा खींचिए। इस रूपरेखा का नाम ABCD रखते हैं।
- चार एकसमान ऑलपिन लीजिए।
- दो पिनें, मान लीजिए E तथा F ऊर्ध्वाधरतः इस प्रकार लगाइए कि पिनों को मिलाने वाली रेखा कोर AB से कोई कोण बनाती हुई हो।
- पिन E तथा F के प्रतिबिंबों को विपरीत फलक से देखिए। दूसरी दो पिनों, माना G तथा H, को इस प्रकार लगाइए कि ये पिनें एवं E तथा F के प्रतिबिंब एक सीधी रेखा पर स्थित हों।
- पिनों तथा स्लैब को हटाइए।
- पिनों E तथा F की नोकों (tip) की स्थितियों को मिलाइए तथा इस रेखा को AB तक बढ़ाइए। मान लीजिए EF, AB से बिंदु O पर मिलती है। इसी प्रकार पिनों G तथा H की नोकों की स्थितियों को मिलाइए तथा इस रेखा को कोर CD तक बढ़ाइए। मान लीजिए HG, CD से O' पर मिलती है।
- O तथा O' को मिलाइए। EF को भी P तक बढ़ाइए, जैसा कि चित्र 9.10 में बिंदुकित रेखा द्वारा दर्शाया गया है।

चित्र 9.10 आयताकार काँच के स्लैब से प्रकाश का अपवर्तन

इस क्रियाकलाप में आप नोट करेंगे कि प्रकाश किरण ने अपनी दिशा बिंदुओं O तथा O' पर परिवर्तित की है। नोट कीजिए कि दोनों बिंदु O तथा O' दोनों पारदर्शी माध्यमों को पृथक् करने वाले पृष्ठों पर स्थित हैं। AB के बिंदु O पर एक अभिलंब NN′ खींचिए तथा दूसरा अभिलंब MM', CD के बिंदु O' पर खीचिए। बिंदु O पर प्रकाश किरण विरल माध्यम से सघन माध्यम में अर्थात वायु से काँच में प्रवेश कर रही है। नोट कीजिए कि प्रकाश किरण अभिलंब की ओर झुक जाती है। O' पर, प्रकाश किरण ने काँच से वायु में अर्थात सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश किया है। प्रकाश किरण अभिलंब से दूर मुड़ जाती है। दोनों अपवर्तक सतहों AB तथा CD पर आपतन कोण तथा अपवर्तन कोण के मानों की तुलना कीजिए।

चित्र 9.10 में सतह AB पर एक किरण EP तिरछी आपतित है, जिसे आपतित किरण कहते हैं। OO' अपवर्तित किरण है तथा O'H निर्गत किरण है। आप देख सकते हैं कि निर्गत किरण, आपतित किरण की दिशा के समानांतर है। ऐसा क्यों होता है? आयाताकार काँच के स्लैब के विपरीत फलकों AB (वायु-काँच अंतरापृष्ठ) तथा CD (काँच-वायु अतंरापृष्ठ) पर प्रकाश किरण के मुड़ने का परिमाण समान तथा विपरीत है। इसी कारण से निर्गत किरण, आपतित किरण के समानांतर निकलती है। तथापि, प्रकाश किरण में थोड़ा सा पार्श्विक विस्थापन होता है। यदि प्रकाश किरण दो माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर अभिलंबवत आपतित हो तब क्या होगा? स्वयं करके ज्ञात कीजिए।

अब आप प्रकाश के अपवर्तन से परिचित हैं। अपवर्तन प्रकाश के एक पारदर्शी माध्यम से दूसरे में प्रवेश करने पर प्रकाश की चाल में परिवर्तन के कारण होता है। प्रयोग दर्शाते हैं कि प्रकाश का अपवर्तन निश्चित नियमों के आधार पर होता है।

परावर्तन के नियम निम्नलिखित हैं—

(i) *आपतित किरण, अपवर्तित किरण तथा दोनों माध्यमों को पृथक् करने वाले पृष्ठ के आपतन बिंदु पर अभिलंब सभी एक ही तल में होते हैं।*

(ii) *प्रकाश के किसी निश्चित रंग तथा निश्चित माध्यमों के युग्म के लिए आपतन कोण की ज्या (sine) तथा अपवर्तन कोण की ज्या (sine) का अनुपात स्थिर होता है। इस नियम को स्नेल का अपवर्तन का नियम भी कहते हैं। (यह कोण $0^o < i < 90^o$ के लिए सत्य है)*

यदि i आपतन कोण हो तथा r अपवर्तन कोण हो तब

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक} \tag{9.4}$$

इस स्थिरांक के मान को दूसरे माध्यम का पहले माध्यम के सापेक्ष अपवर्तनांक (refractive index) कहते हैं। आइए, अपवर्तनांक के बारे में कुछ विस्तार से अध्ययन करें।

9.3.2 अपवर्तनांक

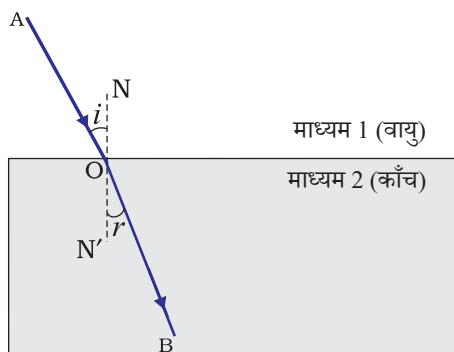
आप पहले ही अध्ययन कर चुके हैं कि जब प्रकाश की किरण तिरछी गमन करती हुई एक पारदर्शी माध्यम से दूसरे में प्रवेश करती है तो यह दूसरे माध्यम में अपनी दिशा परिवर्तित कर लेती है। किन्हीं दिए हुए माध्यमों के युग्म के लिए होने वाले दिशा परिवर्तन के विस्तार को अपवर्तनांक के रूप में भी व्यक्त किया जा सकता है, जो समीकरण (9.4) में दाएँ पक्ष में प्रकट होने वाला स्थिरांक है।

अपवर्तनांक को एक महत्वपूर्ण भौतिक राशि, विभिन्न माध्यमों में प्रकाश के संचरण की आपेक्षिक चाल, से संबद्ध किया जा सकता है। यह देखा गया है कि विभिन्न माध्यमों में प्रकाश अलग-अलग चालों से संचरित होता है। निर्वात में प्रकाश 3 × 108 m/s की चाल से चलता है, जो कि प्रकाश की किसी भी माध्यम में हो सकने वाली द्रुततम चाल है। वायु में प्रकाश की चाल निर्वात की अपेक्षा थोड़ी ही कम होती है। काँच या पानी में यह यथेष्ट रूप से घट जाती है। दो माध्यमों के युग्म के लिए अपवर्तनांक का मान दोनों माध्यमों में प्रकाश की चाल पर निर्भर है, जैसा कि नीचे दिया गया है।

चित्र 9.11 में दर्शाए अनुसार एक प्रकाश की किरण पर विचार करें, जो माध्यम 1 से माध्यम 2 में प्रवेश कर रही है। मान लीजिए कि प्रकाश की चाल माध्यम 1 में v_1 तथा माध्यम 2 में v_2 है। माध्यम 2 का माध्यम 1 के सापेक्ष अपवर्तनांक, माध्यम 1 में प्रकाश की चाल तथा माध्यम 2 में प्रकाश की चाल के अनुपात द्वारा व्यक्त करते हैं। इसे प्रायः संकेत n_{21} से निरूपित करते हैं। इसे समीकरण के रूप में निम्नलिखित प्रकार से व्यक्त करते हैं—

$$n_{21} = \frac{\text{माध्यम 1 में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम 2 में प्रकाश की चाल}} = \frac{v_1}{v_2} \tag{9.5}$$

इसी तर्क से, माध्यम 1 का माध्यम 2 के सापेक्ष अपवर्तनांक n_{12} से निरूपित करते हैं। इसे व्यक्त किया जाता है–

$$n_{12} = \frac{\text{माध्यम 2 में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम 1 में प्रकाश की चाल}} = \frac{v_2}{v_1} \quad (9.6)$$

चित्र 9.11

यदि माध्यम 1 निर्वात या वायु है, तब माध्यम 2 का अपवर्तनांक निर्वात के सापेक्ष माना जाता है। यह माध्यम का **निरपेक्ष अपवर्तनांक** कहलाता है। यह केवल n_2 से निरूपित किया जाता है। यदि वायु में प्रकाश की चाल c है तथा माध्यम में प्रकाश की चाल v है तब माध्यम का अपवर्तनांक n_m होगा

$$n_m = \frac{\text{वायु में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम में प्रकाश की चाल}} = \frac{c}{v} \quad (9.7)$$

माध्यम का निरपेक्ष अपवर्तनांक केवल अपवर्तनांक कहलाता है। सारणी 9.3 में अनेक माध्यमों के अपवर्तनांक दिए गए हैं। सारणी से आपको ज्ञात होगा कि जल का अपवर्तनांक, n_w =1.33 है। इसका अर्थ है कि वायु में प्रकाश का वेग तथा जल में प्रकाश के वेग का अनुपात 1.33 है। इसी प्रकार क्राउन काँच का अपवर्तनांक, n_g =1.52 होता है। ऐसे आँकड़े अनेक स्थानों पर उपयोगी हैं। तथापि आपको इन आँकड़ों को कंठस्थ करने की आवश्यकता नहीं है।

सारणी 9.3: कुछ द्रव्यात्मक माध्यमों के निरपेक्ष अपवर्तनांक

द्रव्यात्मक माध्यम	अपवर्तनांक	द्रव्यात्मक माध्यम	अपवर्तनांक
वायु	1.0003	कनाडा बालसम	1.53
बर्फ़	1.31	खनिज नमक	1.54
जल	1.33	कार्बन डाइसल्फाइड	1.63
एल्कोहल	1.36	सघन फ्लिंट काँच	1.65
किरोसिन	1.44	रूबी (मणिक्य)	1.71
संगलित क्वार्ट्ज़	1.46	नीलम	1.77
तारपीन का तेल	1.47	हीरा	2.42
बेंजीन	1.50		
क्राउन काँच	1.52		

सारणी 9.3 से नोट कीजिए कि यह आवश्यक नहीं कि प्रकाशिक सघन माध्यम का द्रव्यमान घनत्व भी अधिक हो, उदाहरण के लिए— किरोसिन जिसका अपवर्तनांक जल से अधिक है, जल की अपेक्षा प्रकाशिक सघन है, यद्यपि इसका द्रव्यमान घनत्व जल से कम है।

यह भी जानिए!

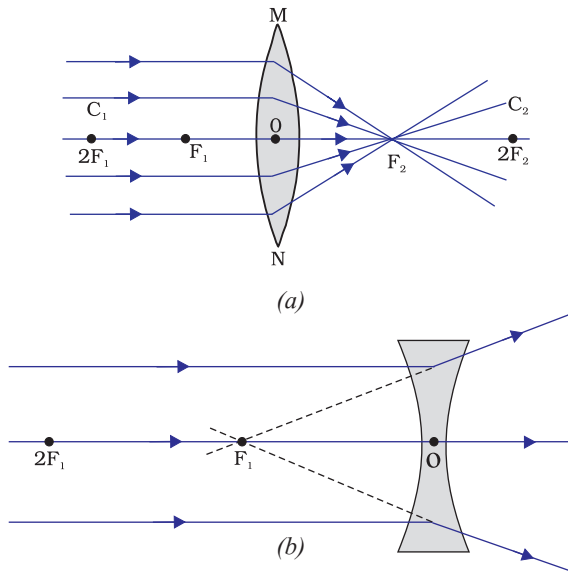
किसी माध्यम की प्रकाश को अपवर्तित करने की क्षमता को इसके प्रकाशिक घनत्व के द्वारा भी व्यक्त किया जा सकता है। प्रकाशिक घनत्व का एक निश्चित संपृक्तार्थ (connotation) होता है। यह द्रव्यमान घनत्व के समान नहीं है। इस अध्याय में हम 'विरल माध्यम' तथा 'सघन माध्यम' शब्दों का प्रयोग कर रहे हैं। वास्तव में इनका अर्थ क्रमशः 'प्रकाशिक विरल माध्यम' तथा 'प्रकाशिक सघन माध्यम' है। हम कब कह सकते हैं कि कोई माध्यम दूसरे माध्यम की अपेक्षा प्रकाशिक सघन है? दो माध्यमों की तुलना करते समय, अधिक अपवर्तनांक वाला माध्यम दूसरे की अपेक्षा प्रकाशिक सघन है। दूसरा कम अपवर्तनांक वाला माध्यम प्रकाशिक विरल माध्यम है। विरल माध्यम में प्रकाश की चाल सघन माध्यम की अपेक्षा अधिक होती है। अतः विरल माध्यम से सघन माध्यम में गमन करने वाली प्रकाश की किरण धीमी हो जाती है तथा अभिलंब की ओर झुक जाती है। जब ये सघन माध्यम से विरल माध्यम में गमन करती है तो इसकी चाल बढ़ जाती है तथा यह अभिलंब से दूर हट जाती है।

प्रश्न

1. वायु में गमन करती प्रकाश की एक किरण जल में तिरछी प्रवेश करती है। क्या प्रकाश किरण अभिलंब की ओर झुकेगी अथवा अभिलंब से दूर हटेगी? बताइए क्यों?
2. प्रकाश वायु से 1.50 अपवर्तनांक की काँच की प्लेट में प्रवेश करता है। काँच में प्रकाश की चाल कितनी है? निर्वात में प्रकाश की चाल 3×10^8 m/s है।
3. सारणी 9.3 से अधिकतम प्रकाशिक घनत्व के माध्यम को ज्ञात कीजिए। न्यूनतम प्रकाशिक घनत्व के माध्यम को भी ज्ञात कीजिए।
4. आपको किरोसिन, तारपीन का तेल तथा जल दिए गए हैं। इनमें से किसमें प्रकाश सबसे अधिक तीव्र गति से चलता है? सारणी 9.3 में दिए गए आँकड़ों का उपयोग कीजिए।
5. हीरे का अपवर्तनांक 2.42 है। इस कथन का क्या अभिप्राय है?

9.3.3 गोलीय लेंसों द्वारा अपवर्तन

आपने किसी घड़ीसाज़ को बहुत छोटे पुर्ज़ों को देखने के लिए छोटे आवर्धक लेंस का उपयोग करते देखा होगा। क्या कभी आपने आवर्धक लेंस के पृष्ठ को अपने हाथों से छूकर देखा है? क्या इसका पृष्ठ समतल है या वक्रित है? क्या यह बीच से मोटा है या किनारों से? चश्मों में हम लेंसों का ही उपयोग करते हैं। घड़ीसाज़ के आवर्धक में भी लेंस लगा होता है। लेंस क्या है? यह प्रकाश किरणों को किस प्रकार मोड़ता है? इस अनुच्छेद में हम इसी विषय में अध्ययन करेंगे।

दो पृष्ठों से घिरा हुआ कोई पारदर्शी माध्यम, जिसका एक या दोनों पृष्ठ गोलीय हैं, **लेंस** कहलाता है। इसका अर्थ यह है कि लेंस का कम-से-कम एक पृष्ठ गोलीय होता है। ऐसे लेंसों में दूसरा पृष्ठ समतल हो सकता है। किसी लेंस में बाहर की ओर उभरे दो गोलीय पृष्ठ हो सकते हैं। ऐसे लेंस को **द्वि-उत्तल** लेंस कहते हैं। इसे केवल उत्तल लेंस भी कहते हैं। यह किनारों की अपेक्षा बीच से मोटा होता है। उत्तल लेंस प्रकाश किरणों को चित्र 9.12 (a) में दर्शाए अनुसार अभिसरित

चित्र : 9.12

(a) उत्तल लेंस की अभिसारी क्रिया (b) अवतल लेंस की अपसारी क्रिया

करता है। इसीलिए उत्तल लेंसों को **अभिसारी लेंस** भी कहते हैं। इसी प्रकार एक द्वि-अवतल लेंस अंदर की ओर वक्रित दो गोलीय पृष्ठों से घिरा होता है। यह बीच की अपेक्षा किनारों से मोटा होता है। ऐसे लेंस प्रकाश किरणों को चित्र 9.12 (b) में दर्शाए अनुसार अपसरित करते हैं। ऐसे लेंसों को अपसारी लेंस कहते हैं। द्वि-अवतल लेंस प्रायः अवतल लेंस भी कहलाता है।

किसी लेंस में चाहे वह उत्तल हो अथवा अवतल, दो गोलीय पृष्ठ होते हैं। इनमें से प्रत्येक पृष्ठ एक गोले का भाग होता है। इन गोलों के केंद्र लेंस के **वक्रता केंद्र** कहलाते हैं। लेंस का वक्रता केंद्र प्रायः अक्षर C द्वारा निरूपित किया जाता है, क्योंकि लेंस के दो वक्रता केंद्र हैं। इसलिए, इन्हें C_1 तथा C_2 द्वारा निरूपित किया जाता है। किसी लेंस के दोनों वक्रता केंद्रों से गुजरने वाली एक काल्पनिक सीधी रेखा लेंस का **मुख्य अक्ष** कहलाती है। लेंस का केंद्रीय बिंदु इसका प्रकाशिक केंद्र कहलाता है। इसे प्रायः अक्षर O से निरूपित करते हैं। लेंस के **प्रकाशिक केंद्र** से गुजरने वाली प्रकाश किरण बिना किसी विचलन के निर्गत होती है। गोलीय लेंस की वृत्ताकार रूपरेखा का प्रभावी व्यास इसका **द्वारक** (aperture) कहलाता है। इस अध्याय में अपने विवेचन में हम केवल उन्हीं लेंसों तक सीमित रहेंगे, जिनका द्वारक इनकी वक्रता त्रिज्या से बहुत छोटा है और दोनों वक्रता केंद्र प्रकाशिक केंद्र से समान दूरी पर होते हैं। ऐसे लेंस छोटे द्वारक के **पतले लेंस** कहलाते हैं। जब किसी लेंस पर समांतर किरणें आपतित होती हैं तो क्या होता है? इसे समझने के लिए आइए, एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.11

चेतावनी— इस क्रियाकलाप को करते समय अथवा अन्यथा भी सूर्य की ओर सीधे या लेंस से न देखें। यदि आप ऐसा करेंगे तो आपकी आँखों को क्षति हो सकती है।

- एक उत्तल लेंस को अपने हाथ में पकड़िए। इसे सूर्य की ओर निर्दिष्ट कीजिए।
- सूर्य के प्रकाश को एक कागज़ की शीट पर फोकसित कीजिए। सूर्य का एक तीक्ष्ण चमकदार प्रतिबिंब प्राप्त कीजिए।
- कागज तथा लेंस को कुछ समय के लिए उसी स्थिति में पकड़े रखिए। कागज को देखते रहिए। क्या होता है? ऐसा क्यों होता है? क्रियाकलाप 9.2 के अपने अनुभवों को स्मरण कीजिए।

कागज सुलगने लगता है और धुआँ उत्पन्न होता है। कुछ समय पश्चात यह आग भी पकड़ सकता है। ऐसा क्यों होता है? सूर्य से आने वाली प्रकाश की किरणें समानांतर होती हैं। लेंस द्वारा यह किरणें एक तीक्ष्ण चमकदार बिंदु के रूप में कागज़ पर अभिकेंद्रित कर दी जाती हैं। वास्तव में, कागज की शीट पर यह चमकदार बिंदु सूर्य का प्रतिबिंब है। एक बिंदु पर सूर्य के प्रकाश का संकेंद्रण ऊष्मा उत्पन्न करता है। इसके कारण कागज जलने लगता है।

अब हम एक लेंस के मुख्य अक्ष के समानांतर प्रकाश किरणों पर विचार करते हैं। जब आप प्रकाश की ऐसी किरणों को किसी लेंस से गुज़ारते हैं तो क्या होता है? एक उत्तल लेंस के लिए इसे चित्र 9.12 (a) में तथा अवतल लेंस के लिए चित्र 9.12 (b) में दर्शाया गया है।

चित्र 9.12 (a) को ध्यानपूर्वक देखिए। उत्तल लेंस पर मुख्य अक्ष के समानांतर प्रकाश की बहुत सी किरणें आपतित हैं। ये किरणें लेंस से अपवर्तन के पश्चात मुख्य अक्ष पर एक बिंदु पर अभिसरित हो जाती हैं। मुख्य अक्ष पर यह बिंदु **लेंस का मुख्य फोकस** कहलाता है। आइए, अब एक अवतल लेंस का व्यवहार देखें।

चित्र 9.12 (b) को ध्यानपूर्वक देखिए। अवतल लेंस पर मुख्य अक्ष के समानांतर प्रकाश की अनेक किरणें आपतित हो रही हैं। ये किरणें लेंस से अपवर्तन के पश्चात मुख्य अक्ष के एक बिंदु से अपसरित होती प्रतीत होती हैं। मुख्य अक्ष पर यह बिंदु **अवतल लेंस का मुख्य फोकस** कहलाता है।

यदि आप किसी लेंस के विपरीत पृष्ठ से समांतर किरणों को गुजरने दें तो आपको पहले से विपरीत दिशा में दूसरा मुख्य फोकस प्राप्त होगा। मुख्य फोकस को निरूपित करने के लिए प्रायः अक्षर F का प्रयोग होता है। तथापि, किसी लेंस में दो मुख्य फोकस होते हैं। इन्हें F1 तथा F2 द्वारा निरूपित किया जाता है। किसी लेंस के मुख्य फोकस की प्रकाशिक केंद्र से दूरी **फोकस दूरी** कहलाती है। फोकस दूरी को अक्षर ' f ' द्वारा निरूपित किया जाता है। आप किसी उत्तल लेंस की फोकस दूरी किस प्रकार ज्ञात कर सकते हैं? क्रियाकलाप 9.11 को स्मरण कीजिए। इस क्रियाकलाप में लेंस की स्थिति तथा सूर्य के प्रतिबिंब की स्थिति के बीच की दूरी लेंस की सन्निकट (लगभग) फोकस दूरी बताती है।

9.3.4 लेंसों द्वारा प्रतिबिंब बनना

लेंस प्रतिबिंब कैसे बनाते हैं? लेंस प्रकाश के अपवर्तन द्वारा प्रतिबिंब बनाते हैं। उन प्रतिबिंबों की प्रकृति क्या है? आइए, पहले उत्तल लेंस के लिए इसका अध्ययन करें।

क्रियाकलाप 9.12

- एक उत्तल लेंस लीजिए। क्रियाकलाप 9.11 में वर्णित विधि द्वारा इसकी सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कीजिए।
- एक लंबी मेज़ पर चॉक का प्रयोग करके पाँच समानांतर सीधी रेखाएँ इस प्रकार खींचिए कि किन्हीं दो उत्तरोतर रेखाओं के बीच की दूरी लेंस की फोकस दूरी के बराबर हो।
- लेंस को एक लेंस-स्टैंड पर लगाइए। इसे मध्य रेखा पर इस प्रकार रखिए कि लेंस का प्रकाशिक केंद्र इस रेखा पर स्थित हो।
- लेंस के दोनों ओर दो रेखाएँ क्रमशः लेंस के F तथा 2F के तदनुरूपी होंगी। इन्हें उचित अक्षरों द्वारा अंकित कीजिए, जैसे– क्रमशः $2F_1$, F_1, F_2 तथा $2F_2$ ।
- एक जलती हुई मोमबत्ती को बाईं ओर, $2F_1$ से काफ़ी दूर रखिए। लेंस के विपरीत दिशा में रखे एक परदे पर इसका स्पष्ट एवं तीक्ष्ण प्रतिबिंब बनाइए।
- प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़ नोट कीजिए।
- इस क्रियाकलाप में बिंब को $2F_1$ से थोड़ा दूर, F_1 तथा $2F_1$ के बीच, F_1 पर तथा F_1 और O के बीच रख कर दोहराइए। अपने प्रेक्षणों को नोट कीजिए तथा सारणीबद्ध कीजिए।

बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़ का संक्षिप्त विवरण सारणी 9.4 में दिया गया है।

सारणी 9.4 बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़

बिंब की स्थिति	प्रतिबिंब की स्थिति	प्रतिबिंब का आपेक्षिक साइज़	प्रतिबिंब की प्रकृति
अनंत पर	फोकस F_2 पर	अत्यधिक छोटा, बिंदु आकार	वास्तविक तथा उलटा
$2F_1$ से परे	F_2 तथा $2F_2$ के बीच	छोटा	वास्तविक तथा उलटा
$2F_1$ पर	$2F_2$ पर	समान साइज़	वास्तविक तथा उलटा
F_1 तथा $2F_1$ के बीच फोकस F_1 पर	$2F_2$ से परे अनंत पर	बड़ा (विवर्धित) असीमित रूप से बड़ा अथवा अत्यधिक विवर्धित	वास्तविक तथा उलटा
फोकस F1 तथा प्रकाशिक केंद्र O के बीच	जिस ओर बिंब है लेंस के उसी ओर	बड़ा (विवर्धित)	आभासी तथा सीधा

आइए, अब किसी अवतल लेंस द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़ का एक क्रियाकलाप द्वारा अध्ययन करें।

क्रियाकलाप 9.13

- एक अवतल लेंस लीजिए। इसे एक लेंस स्टैंड पर रखिए।
- लेंस के एक ओर एक जलती हुई मोमबत्ती को रखिए।
- लेंस के दूसरी ओर से प्रतिबिंब का प्रेक्षण कीजिए। प्रतिबिंब को यदि संभव हो तो परदे पर प्राप्त करने का प्रयत्न कीजिए। यदि ऐसा संभव न हो तो प्रतिबिंब को लेंस में से सीधे ही देखिए।
- प्रतिबिंब की प्रकृति, आपेक्षिक साइज़ तथा सन्निकट स्थिति नोट कीजिए।
- मोमबत्ती को लेंस से दूर ले जाइए। प्रतिबिंब के साइज़ में परिवर्तन नोट कीजिए। जब मोमबत्ती को लेंस से बहुत दूर रखा जाता है तो प्रतिबिंब के साइज़ पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उपरोक्त क्रियाकलाप का संक्षिप्त विवरण सारणी 9.5 में दिया गया है।

सारणी 9.5 बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए अवतल लेंस द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़

बिंब की स्थिति	प्रतिबिंब की स्थिति	प्रतिबिंब का आपेक्षिक साइज़	प्रतिबिंब की प्रकृति
अनंत पर	फोकस F_1 पर	अत्यधिक छोटा, बिंदु आकार छोटा	आभासी तथा सीधा
अनंत तथा लेंस के प्रकाशिक केंद्र O	फोकस F_1 तथा प्रकाशिक केंद्र O के बीच		आभासी तथा सीधा

इस क्रियाकलाप से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? अवतल लेंस सदैव एक आभासी, सीधा तथा छोटा प्रतिबिंब बनाएगा, चाहे बिंब कहीं भी स्थित हो।

9.3.5 किरण आरेखों के उपयोग द्वारा लेंसों से प्रतिबिंब बनना

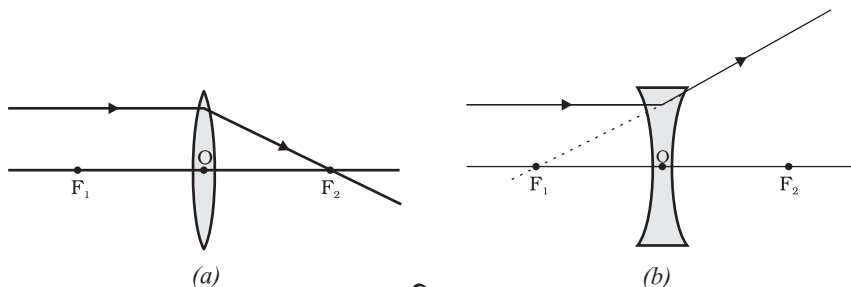
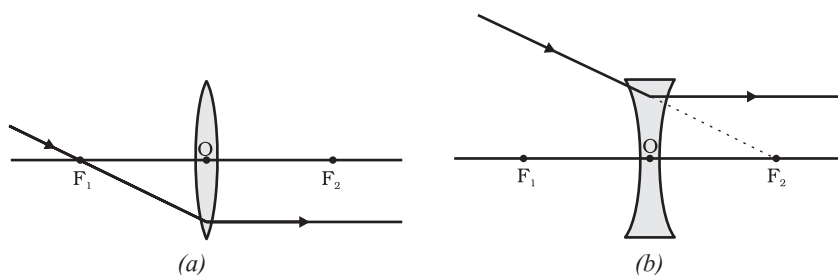
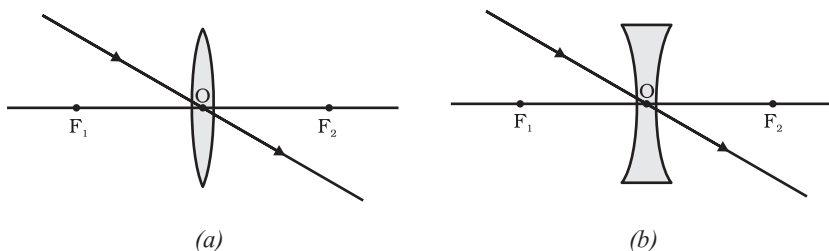
हम किरण आरेखों के उपयोग द्वारा लेंसों से प्रतिबिंबों के बनने को निरूपित कर सकते हैं। किरण आरेख लेंसों में बने प्रतिबिंबों की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज़ का अध्ययन करने में भी हमारी सहायता करेंगे। लेंसों में किरण आरेख बनाने के लिए गोलीय दर्पणों की भाँति हम निम्नलिखित में से किन्हीं दो किरणों पर विचार कर सकते हैं।

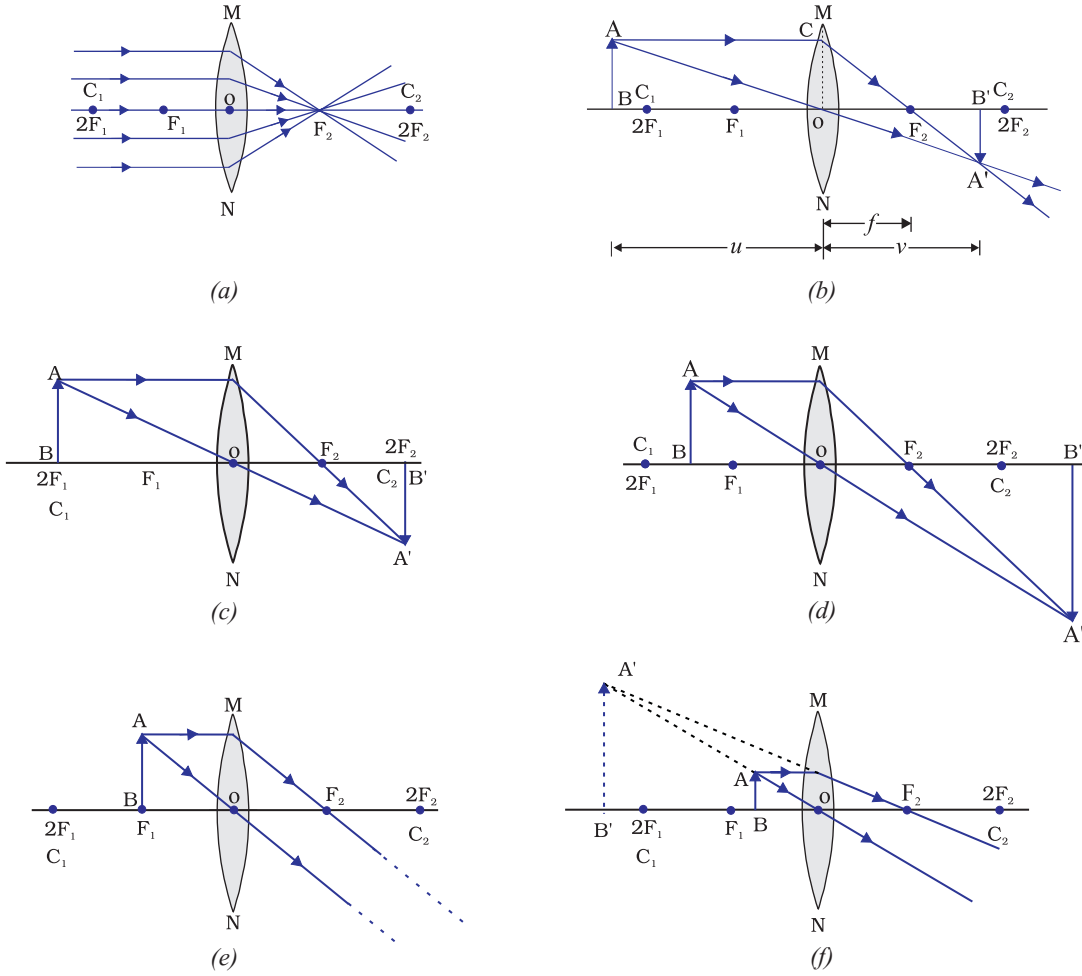
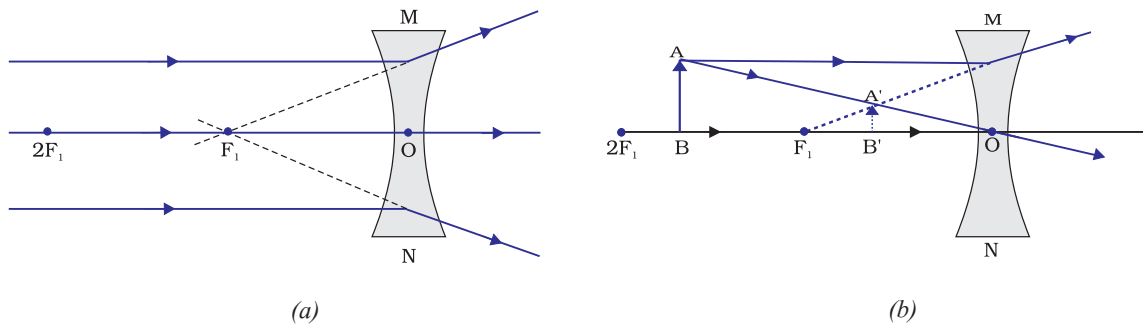
(i) बिंब से, मुख्य अक्ष के समानांतर आने वाली कोई प्रकाश किरण उत्तल लेंस से अपवर्तन के पश्चात चित्र 9.13 (a) में दर्शाए अनुसार लेंस के दूसरी ओर मुख्य फोकस से गुज़रेगी। अवतल लेंस की स्थिति में प्रकाश किरण चित्र 9.13 (b) में दर्शाए अनुसार लेंस के उसी ओर स्थित मुख्य फोकस से अपसरित होती प्रतीत होती है।

चित्र 9.13

(ii) मुख्य फोकस से गुज़रने वाली प्रकाश किरण, उत्तल लेंस से अपवर्तन के पश्चात मुख्य अक्ष के समानांतर निर्गत होगी। इसे चित्र 9.14 (a) में दर्शाया गया है। अवतल लेंस के मुख्य फोकस पर मिलती प्रतीत होने वाली प्रकाश किरण, अपवर्तन के पश्चात मुख्य अक्ष के समानांतर निर्गत होगी। इसे चित्र 9.14 (b) में दर्शाया गया है।

चित्र 9.14

(iii) लेंस के प्रकाशिक केंद्र से गुज़रने वाली प्रकाश किरण अपवर्तन के पश्चात बिना किसी विचलन के निर्गत होती है। इसे चित्र 9.15 (a) तथा 9.15 (b) में दर्शाया गया है।

चित्र 9.15

चित्र 9.16 में उत्तल लेंस द्वारा किसी बिंब की कुछ स्थितियों में, प्रतिबिंब बनने को किरण आरेखों द्वारा दर्शाया गया है। चित्र 9.17 में अवतल लेंस द्वारा बिंब की विभिन्न स्थितियों में प्रतिबिंब बनने को किरण आरेखों द्वारा दर्शाया गया है।

चित्र 9.16 *उत्तल लेंस द्वारा बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए प्रतिबिंब की स्थिति, साइज़ एवं प्रकृति*

चित्र 9.17 *अवतल लेंस द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज़*

9.3.6 गोलीय लेंसों के लिए चिह्न-परिपाटी

लेंसों के लिए, हम गोलीय दर्पणों जैसी ही चिह्न-परिपाटी अपनाएँगे। दूरियों के चिह्नों के निर्धारण के लिए हम यहाँ भी उन्हीं नियमों को अपनाएँगे। केवल, जहाँ दर्पणों में सभी दूरियाँ उनके ध्रुवों से नापी जाती हैं वहाँ लेंसों में सभी माप उनके प्रकाशिक केंद्र से लिए जाते हैं। परिपाटी के अनुसार उत्तल लेंस की फोकस दूरी धनात्मक होती है, जबकि अवतल लेंस की फोकस दूरी ऋणात्मक होती है। आपको u, v तथा f, बिंब ऊँचाई h तथा प्रतिबिंब ऊँचाई h' के मान में उचित चिह्नों का चयन करने में सावधानी बरतनी चाहिए।

9.3.7 लेंस सूत्र तथा आवर्धन

जिस प्रकार हमने गोलीय दर्पणों के लिए सूत्र ज्ञात किया था, उसी प्रकार गोलीय लेंसों के लिए भी लेंस सूत्र स्थापित किया गया है। यह सूत्र बिंब दूरी (u), प्रतिबिंब दूरी (v) तथा फोकस दूरी (f) के बीच संबंध प्रदान करता है। लेंस सूत्र व्यक्त किया जाता है—

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad (9.8)$$

उपरोक्त लेंस सूत्र व्यापक है तथा किसी भी गोलीय लेंस के लिए, सभी स्थितियों में मान्य है। लेंसों से संबंधित प्रश्नों को हल करने के लिए लेंस सूत्र में आंकिक मान प्रतिस्थापित करते समय विभिन्न राशियों के उचित चिह्नों का ध्यान रखना चाहिए।

आवर्धन

किसी लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन, किसी गोलीय दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन की ही भाँति प्रतिबिंब की ऊँचाई तथा बिंब की ऊँचाई के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है। आवर्धन को अक्षर m द्वारा निरूपित किया जाता है। यदि बिंब की ऊँचाई h हो तथा लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिंब की ऊँचाई h' हो, तब लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन प्राप्त होगा—

$$m = \frac{\text{प्रतिबिंब की ऊँचाई}}{\text{बिंब की ऊँचाई}} = \frac{h'}{h} \qquad (9.9)$$

लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन, बिंब दूरी u तथा प्रतिबिंब-दूरी v से भी संबंधित है। इस संबंध को व्यक्त करते हैं—

$$\text{आवर्धन } (m) = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u} \qquad (9.10)$$

उदाहरण 9.3

किसी अवतल लेंस की फोकस दूरी 15 cm है। बिंब को लेंस से कितनी दूरी पर रखें कि इसके द्वारा बिंब का लेंस से 10 cm दूरी पर प्रतिबिंब बने? लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन भी ज्ञात कीजिए।

हल

अवतल लेंस द्वारा सदैव ही आभासी, सीधा प्रतिबिंब उसी ओर बनता है, जिस ओर बिंब रखा होता है।

प्रतिबिंब-दूरी $v = -10$ cm

फोकस दूरी $f = -15$ cm

बिंब-दूरी $u = ?$

क्योंकि $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

या $\frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{(-15)} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{15}$$

या $\frac{1}{u} = \frac{-3+2}{30} = \frac{1}{-30}$

या $u = -30$ cm

इसी प्रकार बिंब की दूरी 30 cm है।,

आवर्धन, $m = \frac{v}{u}$

$$m = \frac{-10\,\text{cm}}{-30\,\text{cm}} = \frac{1}{3} \simeq +0.33$$

यहाँ धनात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि प्रतिबिंब सीधा तथा आभासी है। प्रतिबिंब का साइज़ बिंब के साइज़ का एक-तिहाई है।

उदाहरण 9.4

कोई 2.0 cm लंबा बिंब 10 cm फोकस दूरी के किसी उत्तल लेंस के मुख्य अक्ष के लंबवत रखा है। बिंब की लेंस से दूरी 15 cm है। प्रतिबिंब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज़ ज्ञात कीजिए। इसका आवर्धन भी ज्ञात कीजिए।

हल

बिंब की ऊँचाई $h = +2.0$ cm

फोकस दूरी $f = +10$ cm

बिंब-दूरी $u = -15$ cm

प्रतिबिंब-दूरी $v = ?$

प्रतिबिंब की ऊँचाई $h' = ?$

क्योंकि $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

या $\frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{(-15)} + \frac{1}{10} = -\frac{1}{15} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-2+3}{30} = \frac{1}{30}$$

या $u = +\,30$ cm

v का धनात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि प्रतिबिंब लेंस के प्रकाशिक केंद्र के दाईं ओर 30 cm दूरी पर बनता है। प्रतिबिंब वास्तविक तथा उलटा है।

आवर्धन, $m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u}$

अथवा $h' = h\left(\frac{v}{u}\right)$

प्रतिबिंब की ऊँचाई $h' = (2.0)\left(+\frac{30}{-15}\right) = -4.0\,\text{cm}$

आवर्धन $m = \frac{+30\,\text{cm}}{-15\,\text{cm}} = -2$

m तथा h' के ऋणात्मक चिह्न यह दर्शाते हैं कि उपरोक्त वर्णन के अनुसार प्रतिबिंब उलटा तथा वास्तविक है। यह मुख्य अक्ष के नीचे बनता है। इस प्रकार एक वास्तविक उलटा तथा 4.0 cm लंबा प्रतिबिंब लेंस के दाईं ओर लेंस से 30 cm दूरी पर बनता है। यह प्रतिबिंब दोगुना विवर्धित है।

9.3.8 लेंस की क्षमता

आप जानते हैं कि किसी लेंस की प्रकाश किरणों को अभिसरित अथवा अपसरित करने की क्षमता उसकी फोकस दूरी पर निर्भर करती है, उदाहरण के लिए— कम फोकस दूरी का एक उत्तल लेंस प्रकाश किरणों को बड़े कोण से मोड़कर उन्हें प्रकाशिक केंद्र के निकट फोकसित कर देता है। इसी प्रकार, कम फोकस दूरी का एक अवतल लेंस अधिक फोकस दूरी के लेंस की अपेक्षा प्रकाश किरणों को अधिक अपसरित करता है। **किसी लेंस द्वारा प्रकाश किरणों को अभिसरण या अपसरण करने की मात्रा (degree) को उसकी क्षमता के रूप में व्यक्त किया जाता है।** इसे अक्षर P द्वारा निरूपित करते हैं। किसी f फोकस दूरी के लेंस की क्षमता,

$$P = \frac{1}{f} \qquad (9.11)$$

लेंस की क्षमता का SI मात्रक 'डाइऑप्टर' (Dioptre) है। इसे अक्षर D द्वारा दर्शाया जाता है। यदि f को मीटर में व्यक्त करें तो क्षमता को डाइऑप्टर में व्यक्त किया जाता है। इस प्रकार, **1 डाइऑप्टर उस लेंस की क्षमता है, जिसकी फोकस दूरी 1 मीटर हो।** $1\text{D} = 1\text{m}^{-1}$ । आप नोट कर सकते हैं कि **उत्तल लेंस की क्षमता धनात्मक तथा अवतल लेंस की क्षमता ऋणात्मक होती है।**

चश्मा बनाने वाले जब संशोधी लेंस निर्धारित करते हैं तो उनकी क्षमता का उल्लेख करते हैं। मान लीजिए निर्धारित लेंस की क्षमता + 2.0 D है। इसका अर्थ है कि निर्धारित लेंस उत्तल है और उसकी फोकस दूरी + 0.50 m है। इसी प्रकार, –2.5 D क्षमता के लेंस की फोकस दूरी –0.40 m होती है। यह लेंस अवतल होता है।

यह भी जानिए!

अनेक प्रकाशिक यंत्रों में कई लेंस लगे होते हैं। उन्हें प्रतिबिंब को अधिक आवर्धित तथा सुस्पष्ट बनाने के लिए संयोजित किया जाता है। इस प्रकार संपर्क में रखे लेंसों की कुल क्षमता *(P)* उन लेंसों की पृथक-पृथक क्षमताओं (P_1, P_2, P_3.... आदि), का बीजगणितीय योग होती है, जैसे—

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + ...$$

चश्मा बनाने वालों के लिए, लेंसों की फोकस दूरी के स्थान पर क्षमताओं का उपयोग करना काफ़ी सुविधाजनक है। आँखें टेस्ट करते समय चश्मा बनाने वाला ज्ञात क्षमता वाले संशोधी लेंसों के अनेक अलग-अलग संयोजनों को संपर्क में रखकर, चश्मों को टेस्ट करने वाले फ्रेम के अंदर रखता है। चश्मा बनानेवाला आवश्यक लेंस की क्षमता की गणना सरल बीजगणितीय योग के द्वारा कर लेता है, उदाहरण के लिए— +2.0 D तथा +0.25 D क्षमता वाले दो लेंसों का संयोजन + 2.25 D क्षमता के एकल लेंस के तुल्य है। लेंसों की क्षमताओं की योज्यता के इस गुणधर्म का उपयोग, एकल लेंस द्वारा बने प्रतिबिंबों में कुछ दोषों को कम करने में किया जा सकता है। कई लेंसों को एक-दूसरे के संपर्क में रखकर बनाए गए लेंस निकायों का उपयोग सामान्यतः कैमरों के लेंस तथा सूक्ष्मदर्शियों एवं दूरदर्शकों के लेंसों के डिज़ाइन में किया जाता है।

प्रश्न

1. किसी लेंस की 1 डाइऑप्टर क्षमता को परिभाषित कीजिए।
2. कोई उत्तल लेंस किसी सुई का वास्तविक तथा उल्टा प्रतिबिंब उस लेंस से 50 cm दूर बनाता है। यह सुई, उत्तल लेंस के सामने कहाँ रखी है, यदि इसका प्रतिबिंब उसी साइज का बन रहा है, जिस साइज का बिंब है। लेंस की क्षमता भी ज्ञात कीजिए।
3.
2 m फोकस दूरी वाले किसी अवतल लेंस की क्षमता ज्ञात कीजिए।

आपने क्या सीखा

- प्रकाश सरल रेखाओं में गमन करता प्रतीत होता है।
- दर्पण तथा लेंस वस्तुओं के प्रतिबिंब बनाते हैं। बिंब की स्थिति के अनुसार प्रतिबिंब वास्तविक अथवा आभासी हो सकते हैं।

- सभी प्रकार के परावर्ती पृष्ठ परावर्तन के नियमों का पालन करते हैं। अपवर्ती पृष्ठ अपवर्तन के नियमों का पालन करते हैं।
- गोलीय दर्पणों तथा लेंसों के लिए नई कार्तीय चिह्न-परिपाटी अपनाई जाती है।
- दर्पण सूत्र $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$, बिंब-दूरी (u), प्रतिबिंब-दूरी (v) तथा गोलीय दर्पण की फोकस दूरी (f) में संबंध दर्शाता है।
- किसी गोलीय दर्पण की फोकस दूरी उसकी वक्रता त्रिज्या की आधी होती है।
- किसी गोलीय दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन, प्रतिबिंब की ऊँचाई तथा बिंब की ऊँचाई का अनुपात होता है।
- सघन माध्यम से विरल माध्यम में तिरछी गमन करने वाली कोई प्रकाश किरण अभिलंब से परे झुक जाती है। विरल माध्यम से सघन माध्यम में तिरछी गमन करने वाली प्रकाश किरण अभिलंब की ओर झुक जाती है।
- निर्वात में प्रकाश $3 \times 10^8 \text{m s}^{-1}$ की अत्यधिक चाल से गमन करता है। विभिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल भिन्न-भिन्न होती है।
- किसी पारदर्शी माध्यम का अपवर्तनांक प्रकाश की निर्वात में चाल तथा प्रकाश की माध्यम में चाल का अनुपात होता है।
- किसी आयताकार काँच के स्लैब के प्रकरण में, अपवर्तन वायु-काँच अंतरापृष्ठ एवं काँच-वायु अंतरापृष्ठ दोनों पर होता है। निर्गत किरण आपतित किरण की दिशा के समांतर होती है।
- लेंस सूत्र : $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$, बिंब-दूरी (u), प्रतिबिंब-दूरी (v) तथा गोलीय लेंस की फोकस दूरी (f) में संबंध दर्शाता है।
- किसी लेंस की क्षमता उसकी फोकस दूरी का व्युत्क्रम होती है। लेंस की क्षमता का SI मात्रक डाइऑप्टर है।

अभ्यास

1. निम्न में से कौन-सा पदार्थ लेंस बनाने के लिए प्रयुक्त नहीं किया जा सकता?
   (a) जल
   (b) काँच
   (c) प्लास्टिक
   (d) मिट्टी
2. किसी बिंब का अवतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब आभासी, सीधा तथा बिंब से बड़ा पाया गया। वस्तु की स्थिति कहाँ होनी चाहिए?
   (a) मुख्य फोकस तथा वक्रता केंद्र के बीच
   (b) वक्रता केंद्र पर
   (c) वक्रता केंद्र से परे
   (d) दर्पण के ध्रुव तथा मुख्य फोकस के बीच

3. किसी बिंब का वास्तविक तथा समान साइज़ का प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए बिंब को उत्तल लेंस के सामने कहाँ रखें?
   (a) लेंस के मुख्य फोकस पर
   (b) फोकस दूरी की दोगुनी दूरी पर
   (c) अनंत पर
   (d) लेंस के प्रकाशिक केंद्र तथा मुख्य फोकस के बीच
4. किसी गोलीय दर्पण तथा किसी पतले गोलीय लेंस दोनों की फोकस दूरियाँ –15 cm हैं। दर्पण तथा लेंस संभवतः हैं—
   (a) दोनों अवतल
   (b) दोनों उत्तल
   (c) दर्पण अवतल तथा लेंस उत्तल
   (d) दर्पण उत्तल तथा लेंस अवतल
5. किसी दर्पण से आप चाहे कितनी ही दूरी पर खड़े हों, आपका प्रतिबिंब सदैव सीधा प्रतीत होता है। संभवतः दर्पण है—
   (a) केवल समतल
   (b) केवल अवतल
   (c) केवल उत्तल
   (d) या तो समतल अथवा उत्तल
6. किसी शब्दकोष (dictionary) में पाए गए छोटे अक्षरों को पढ़ते समय आप निम्नलिखित में से कौन-सा लेंस पसंद करेंगे?
   (a) 50 cm फोकस दूरी का एक उत्तल लेंस
   (b) 50 cm फोकस दूरी का एक अवतल लेंस
   (c) 5 cm फोकस दूरी का एक उत्तल लेंस
   (d) 5 cm फोकस दूरी का एक अवतल लेंस
7. 15 cm फोकस दूरी के एक अवतल दर्पण का उपयोग करके हम किसी बिंब का सीधा प्रतिबिंब बनाना चाहते हैं। बिंब का दर्पण से दूरी का परिसर (range) क्या होना चाहिए? प्रतिबिंब की प्रकृति कैसी है? प्रतिबिंब बिंब से बड़ा है अथवा छोटा? इस स्थिति में प्रतिबिंब बनने का एक किरण आरेख बनाइए।
8. निम्नलिखित स्थितियों में प्रयुक्त दर्पण का प्रकार बताइए—
   (a) किसी कार का अग्र-दीप (हेड-लाइट)
   (b) किसी वाहन का पार्श्व/पश्च-दृश्य दर्पण
   (c) सौर भट्टी

   अपने उत्तर की कारण सहित पुष्टि कीजिए।

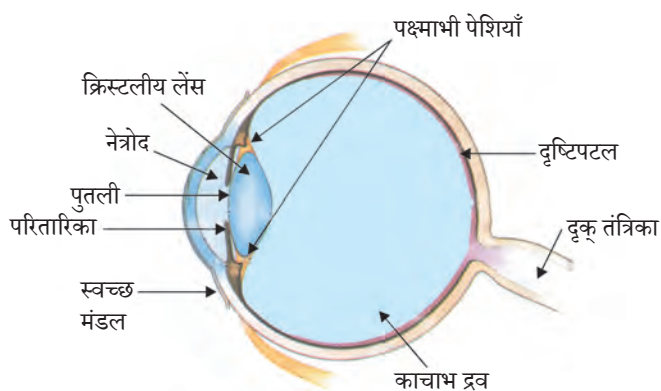
9. किसी उत्तल लेंस का आधा भाग काले कागज़ से ढक दिया गया है। क्या यह लेंस किसी बिंब का पूरा प्रतिबिंब बना पाएगा? अपने उत्तर की प्रयोग द्वारा जाँच कीजिए। अपने प्रेक्षणों की व्याख्या कीजिए।
10. 5 cm लंबा कोई बिंब 10 cm फोकस दूरी के किसी अभिसारी लेंस से 25 cm दूरी पर रखा जाता है। प्रकाश किरण-आरेख खींचकर बनने वाले प्रतिबिंब की स्थिति, साइज़ तथा प्रकृति ज्ञात कीजिए।
11. 15 cm फोकस दूरी का कोई अवतल लेंस किसी बिंब का प्रतिबिंब लेंस से 10 cm दूरी पर बनाता है। बिंब लेंस से कितनी दूरी पर स्थित है? किरण आरेख खींचिए।
12. 15 cm फोकस दूरी के किसी उत्तल दर्पण से कोई बिंब 10 cm दूरी पर रखा है। प्रतिबिंब की स्थिति तथा प्रकृति ज्ञात कीजिए।
13. एक समतल दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन +1 है। इसका क्या अर्थ है?
14. 5.0 cm लंबाई का कोई बिंब 30 cm वक्रता त्रिज्या के किसी उत्तल दर्पण के सामने 20 cm दूरी पर रखा गया है। प्रतिबिंब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज़ ज्ञात कीजिए।
15. 7.0 cm साइज़ का कोई बिंब 18 cm फोकस दूरी के किसी अवतल दर्पण के सामने 27 cm दूरी पर रखा गया है। दर्पण से कितनी दूरी पर किसी परदे को रखें कि उस पर वस्तु का स्पष्ट फोकसित प्रतिबिंब प्राप्त किया जा सके। प्रतिबिंब का साइज़ तथा प्रकृति ज्ञात कीजिए।
16. उस लेंस की फोकस दूरी ज्ञात कीजिए, जिसकी क्षमता –2.0 D है। यह किस प्रकार का लेंस है?
17. कोई डॉक्टर +1.5 D क्षमता का संशोधक लेंस निर्धारित करता है। लेंस की फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। क्या निर्धारित लेंस अभिसारी है अथवा अपसारी?

1065CH11

अध्याय 10
मानव नेत्र तथा रंग-बिरंगा संसार

पिछले अध्याय में आपने लेंसों द्वारा प्रकाश के अपवर्तन के बारे में अध्ययन किया है। आप लेंसों द्वारा बनाए गए प्रतिबिंबों की प्रकृति, स्थिति तथा उनके आपेक्षिक साइज़ के बारे में भी अध्ययन कर चुके हैं। यह ज्ञान मानव नेत्र के अध्ययन में हमारी किस प्रकार सहायता कर सकता है? मानव नेत्र प्रकाश का उपयोग करता है तथा हमारे चारों ओर की वस्तुओं को देखने के लिए हमें समर्थ बनाता है। इसकी संरचना में एक लेंस होता है। मानव नेत्र में लेंस का क्या प्रकार्य है? चश्मों में प्रयोग किए जाने वाले लेंस दृष्टि दोषों को किस प्रकार संशोधित करते हैं? इस अध्याय में हम इन्हीं प्रश्नों पर विचार करेंगे।

पिछले अध्याय में हमने प्रकाश तथा इसके कुछ गुणों के बारे में अध्ययन किया था। इस अध्याय में हम इन धारणाओं का प्रकृति में कुछ प्रकाशीय परिघटनाओं के अध्ययन में उपयोग करेंगे। हम इंद्रधनुष बनने, श्वेत प्रकाश के वर्णों (रंगों) में परिक्षेपित (विभक्त) होने तथा आकाश के नीले रंग के बारे में भी चर्चा करेंगे।

10.1 मानव नेत्र

चित्र 10.1 मानव नेत्र

मानव नेत्र एक अत्यंत मूल्यवान एवं सुग्राही ज्ञानेंद्रिय है। यह हमें इस अद्भुत संसार तथा हमारे चारों ओर के रंगों को देखने योग्य बनाता है। आँखें बंद करके हम वस्तुओं को उनकी गंध, स्वाद, उनके द्वारा उत्पन्न ध्वनि या उनको स्पर्श करके, कुछ सीमा तक पहचान सकते हैं। तथापि आँखों को बंद करके रंगों को पहचान पाना असंभव है। इस प्रकार समस्त ज्ञानेंद्रियों में मानव नेत्र सबसे अधिक महत्वपूर्ण है, क्योंकि यह हमें हमारे चारों ओर के रंगबिरंगे संसार को देखने योग्य बनाता है।

मानव नेत्र एक कैमरे की भाँति है। इसका लेंस-निकाय एक प्रकाश-सुग्राही परदे, जिसे रेटिना या दृष्टिपटल कहते हैं, पर प्रतिबिंब बनाता है। प्रकाश एक पतली झिल्ली से होकर नेत्र में प्रवेश करता है। इस झिल्ली को **कॉर्निया** या **स्वच्छ मंडल** कहते हैं। चित्र 10.1 में दर्शाए अनुसार यह झिल्ली **नेत्र गोलक** के अग्र पृष्ठ पर एक पारदर्शी उभार बनाती है। नेत्र गोलक की आकृति

लगभग गोलाकार होती है तथा इसका व्यास लगभग 2.3 cm होता है। नेत्र में प्रवेश करने वाली प्रकाश किरणों का अधिकांश अपवर्तन कॉर्निया के बाहरी पृष्ठ पर होता है। क्रिस्टलीय लेंस केवल विभिन्न दूरियों पर रखी वस्तुओं को रेटिना पर फोकसित करने के लिए आवश्यक फोकस दूरी में सूक्ष्म समायोजन करता है। कॉर्निया के पीछे एक संरचना होती है, जिसे **परितारिका** कहते हैं। परितारिका गहरा पेशीय डायफ्राम होता है, जो पुतली के साइज़ को नियंत्रित करता है। पुतली नेत्र में प्रवेश करने वाले प्रकाश की मात्रा को नियंत्रित करती है। **अभिनेत्र लेंस** रेटिना पर किसी वस्तु का उलटा तथा वास्तविक प्रतिबिंब बनाता है। रेटिना एक कोमल सूक्ष्म झिल्ली होती है, जिसमें बृहत् संख्या में प्रकाश-सुग्राही कोशिकाएँ होती हैं। प्रदीप्त होने पर प्रकाश-सुग्राही कोशिकाएँ सक्रिय हो जाती हैं तथा विद्युत सिग्नल उत्पन्न करती हैं। ये सिग्नल दृक् तंत्रिकाओं द्वारा मस्तिष्क तक पहुँचा दिए जाते हैं। मस्तिष्क इन सिग्नलों की व्याख्या करता है तथा अंततः इस सूचना को संसाधित करता है, जिससे कि हम किसी वस्तु को जैसा है, वैसा ही देख लेते हैं।

10.1.1 समंजन क्षमता

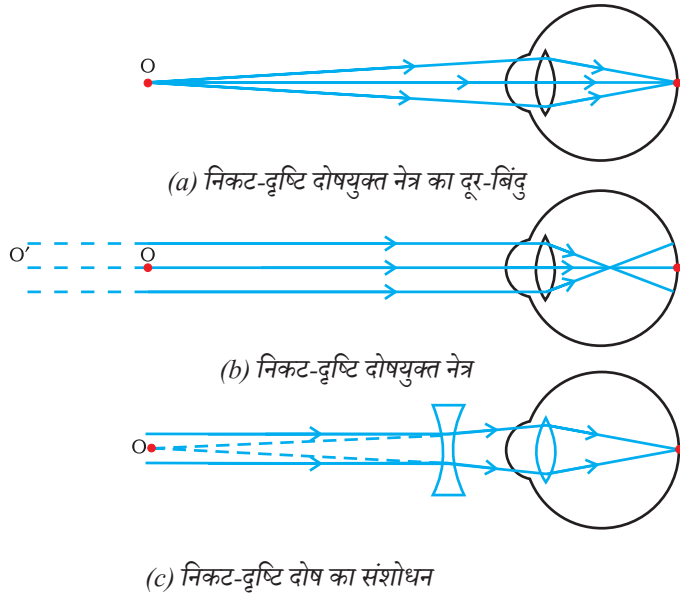
अभिनेत्र लेंस रेशेदार जेलीवत पदार्थ का बना होता है। इसकी वक्रता में कुछ सीमाओं तक पक्ष्माभी पेशियों द्वारा रूपांतरण किया जा सकता है। अभिनेत्र लेंस की वक्रता में परिवर्तन होने पर इसकी फोकस दूरी भी परिवर्तित हो जाती है। जब पेशियाँ शिथिल होती हैं तो अभिनेत्र लेंस पतला हो जाता है। इस प्रकार इसकी फोकस दूरी बढ़ जाती है। इस स्थिति में हम दूर रखी वस्तुओं को स्पष्ट देख पाने में समर्थ होते हैं। जब आप आँख के निकट की वस्तुओं को देखते हैं तब पक्ष्माभी पेशियाँ सिकुड़ जाती हैं। इससे अभिनेत्र लेंस की वक्रता बढ़ जाती है। अभिनेत्र लेंस अब मोटा हो जाता है। परिणामस्वरूप, अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी घट जाती है। इससे हम निकट रखी वस्तुओं को स्पष्ट देख सकते हैं।

अभिनेत्र लेंस की वह क्षमता, जिसके कारण वह अपनी फोकस दूरी को समायोजित कर लेता है, **समंजन** कहलाती है। तथापि अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी एक निश्चित न्यूनतम सीमा से कम नहीं होती। किसी छपे हुए पृष्ठ को आँख के अत्यंत निकट रखकर उसे पढ़ने का प्रयास कीजिए। आप अनुभव करेंगे कि प्रतिबिंब धुँधला है या इससे आपके नेत्रों पर तनाव पड़ता है। किसी वस्तु को आराम से सुस्पष्ट देखने के लिए आपको इसे अपने नेत्रों से कम से कम 25 cm दूर रखना होगा। वह न्यूनतम दूरी जिस पर रखी कोई वस्तु बिना किसी तनाव के अत्यधिक स्पष्ट देखी जा सकती है, उसे सुस्पष्ट दर्शन की अल्पतम दूरी कहते हैं। इसे नेत्र का निकट-बिंदु भी कहते हैं। किसी सामान्य दृष्टि के तरुण वयस्क के लिए निकट बिंदु की आँख से दूरी लगभग 25 cm होती है। वह दूरतम बिंदु जिस तक कोई नेत्र वस्तुओं को सुस्पष्ट देख सकता है, नेत्र का दूर-बिंदु (far Point) कहलाता है। सामान्य नेत्र के लिए यह अनंत दूरी पर होता है। इस प्रकार, आप नोट कर सकते हैं कि एक सामान्य नेत्र 25 cm से अनंत दूरी तक रखी सभी वस्तुओं को सुस्पष्ट देख सकता है।

कभी-कभी अधिक आयु के कुछ व्यक्तियों के नेत्र का क्रिस्टलीय लेंस दूधिया तथा धुँधला हो जाता है। इस स्थिति को **मोतियाबिंद** (cataract) कहते हैं। इसके कारण नेत्र की दृष्टि में कमी या पूर्ण रूप से दृष्टि क्षय हो जाता है। मोतियाबिंद की शल्य चिकित्सा के पश्चात दृष्टि का वापस लौटना संभव होता है।

10.2 दृष्टि दोष तथा उनका संशोधन

(a) निकट-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र का दूर-बिंदु

(b) निकट-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र

(c) निकट-दृष्टि दोष का संशोधन

चित्र 10.2 *(a), (b) निकट-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र (c) अवतल लेंस के उपयोग द्वारा निकट-दृष्टि का संशोधन*

कभी-कभी नेत्र धीरे-धीरे अपनी समंजन क्षमता खो सकते हैं। ऐसी स्थितियों में व्यक्ति वस्तुओं को आराम से सुस्पष्ट नहीं देख पाते। नेत्र में अपवर्तन दोषों के कारण दृष्टि धुँधली हो जाती है।

प्रमुख रूप से दृष्टि के तीन सामान्य अपवर्तन दोष होते हैं। ये दोष हैं— (i) निकट- दृष्टि दोष (Myopia), (ii) दीर्घ-दृष्टि दोष (Hypermetropia) तथा (iii) जरा-दूरदृष्टिता (Presbyopia)। इन दोषों को उपयुक्त गोलीय लेंस के उपयोग से संशोधित किया जा सकता है। हम इन दोषों तथा उनके संशोधन के बारे में संक्षेप में नीचे चर्चा करेंगे।

(a) निकट-दृष्टि दोष

निकट-दृष्टि दोष को निकट-दृष्टिता (Near-sightedness) भी कहते हैं। निकट दृष्टि दोषयुक्त कोई व्यक्ति निकट रखी वस्तुओं को तो स्पष्ट देख सकता है, परंतु दूर रखी वस्तुओं को वह सुस्पष्ट नहीं देख पाता। ऐसे दोषयुक्त व्यक्ति का दूर-बिंदु अनंत पर न होकर नेत्र के पास आ जाता है। ऐसा व्यक्ति कुछ मीटर दूर रखी वस्तुओं को ही सुस्पष्ट देख पाता है। निकट-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र में, किसी दूर रखी वस्तु का प्रतिबिंब दृष्टिपटल (रेटिना) पर न बनकर [चित्र 10.2(b)], दृष्टिपटल के सामने बनता है। इस दोष के उत्पन्न होने के कारण हैं— (i) अभिनेत्र लेंस की वक्रता का अत्यधिक होना अथवा (ii) नेत्र गोलक का लंबा हो जाना। इस दोष को किसी उपयुक्त क्षमता के अवतल लेंस (अपसारी लेंस) के उपयोग द्वारा संशोधित किया जा सकता है। इसे चित्र 10.2(c) में दर्शाया गया है। उपयुक्त क्षमता का अवतल लेंस वस्तु के प्रतिबिंब को वापस दृष्टिपटल (रेटिना) पर ले आता है तथा इस प्रकार इस दोष का संशोधन हो जाता है।

(a) दीर्घ-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र का निकट बिंदु

(b) दीर्घ-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र

(c) दीर्घ-दृष्टि दोष का संशोधन

चित्र 10.3 *(a), (b) दीर्घ दृष्टि दोषयुक्त नेत्र, तथा (c) दीर्घ-दृष्टि दोष का संशोधन*
N = दीर्घ-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र का निकट बिंदु
N’ = सामान्य नेत्र का निकट बिंदु

(b) दीर्घ-दृष्टि दोष

दीर्घ-दृष्टि दोष को दूर-दृष्टिता (Far-sightedness) भी कहते हैं। दीर्घ-दृष्टि दोषयुक्त कोई व्यक्ति दूर की वस्तुओं को तो स्पष्ट देख सकता है, परंतु निकट रखी वस्तुओं को सुस्पष्ट नहीं देख पाता। ऐसे दोषयुक्त व्यक्ति का निकट-बिंदु सामान्य निकट बिंदु (25 cm) से दूर हट जाता है। ऐसे व्यक्ति को आराम से सुस्पष्ट पढ़ने के लिए पठन सामग्री को नेत्र से 25 cm से काफ़ी अधिक दूरी पर रखना पड़ता है। इसका कारण यह है कि पास रखी वस्तु से आने वाली प्रकाश किरणें दृष्टिपटल (रेटिना) के पीछे फोकसित

होती हैं, जैसा कि चित्र 10.3 (b) में दर्शाया गया है। इस दोष के उत्पन्न होने के कारण हैं— (i) अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी का अत्यधिक हो जाना अथवा (ii) नेत्र गोलक का छोटा हो जाना। इस दोष को उपयुक्त क्षमता के अभिसारी लेंस (उत्तल लेंस) का उपयोग करके संशोधित किया जा सकता है। इसे चित्र 10.3(c) में दर्शाया गया है। उत्तल लेंस युक्त चश्मे दृष्टिपटल पर वस्तु का प्रतिबिंब फोकसित करने के लिए आवश्यक अतिरिक्त क्षमता प्रदान करते हैं।

(c) जरा-दूरदृष्टिता

आयु में वृद्धि होने के साथ-साथ मानव नेत्र की समंजन-क्षमता घट जाती है। अधिकांश व्यक्तियों का निकट-बिंदु दूर हट जाता है। संशोधक चश्मों के बिना उन्हें पास की वस्तुओं को आराम से सुस्पष्ट देखने में कठिनाई होती है। इस दोष को जरा-दूरदृष्टिता कहते हैं। यह पक्ष्माभी पेशियों के धीरे-धीरे दुर्बल होने तथा क्रिस्टलीय लेंस के लचीलेपन में कमी आने के कारण उत्पन्न होता है। कभी-कभी किसी व्यक्ति के नेत्र में दोनों ही प्रकार के दोष निकट-दृष्टि तथा दूर-दृष्टि दोष हो सकते हैं। ऐसे व्यक्तियों को वस्तुओं को सुस्पष्ट देख सकने के लिए प्रायः द्विफोकसी लेंसों (Bi-focal lens) की आवश्यकता होती है। सामान्य प्रकार के द्विफोकसी लेंसों में अवतल तथा उत्तल दोनों लेंस होते हैं। ऊपरी भाग अवतल लेंस होता है। यह दूर की वस्तुओं को सुस्पष्ट देखने में सहायता करता है। निचला भाग उत्तल लेंस होता है। यह पास की वस्तुओं को सुस्पष्ट देखने में सहायक होता है।

आजकल संस्पर्श लेंस (Contact lens) अथवा शल्य हस्तक्षेप द्वारा दृष्टि दोषों का संशोधन संभव है।

प्रश्न

1. नेत्र की समंजन क्षमता से क्या अभिप्राय है?
2. निकट दृष्टिदोष का कोई व्यक्ति 1.2 m से अधिक दूरी पर रखी वस्तुओं को सुस्पष्ट नहीं देख सकता। इस दोष को दूर करने के लिए प्रयुक्त संशोधक लेंस किस प्रकार का होना चाहिए?
3. मानव नेत्र की सामान्य दृष्टि के लिए दूर बिंदु तथा निकट बिंदु नेत्र से कितनी दूरी पर होते हैं?
4. अंतिम पंक्ति में बैठे किसी विद्यार्थी को श्यामपट्ट पढ़ने में कठिनाई होती है। यह विद्यार्थी किस दृष्टि दोष से पीड़ित है? इसे किस प्रकार संशोधित किया जा सकता है?

10.3 प्रिज़्म से प्रकाश का अपवर्तन

आप अध्ययन कर चुके हैं कि एक आयताकार काँच के स्लैब से गुज़रने पर प्रकाश किस प्रकार अपवर्तित होता है। समानांतर अपवर्तक पृष्ठों के लिए, जैसा कि काँच के स्लैब में होता है, अपवर्तित किरण आपतित किरण के समानांतर होती है। तथापि, पार्श्व में यह कुछ विस्थापित हो जाती है। किसी पारदर्शी प्रिज़्म से गुजरने पर प्रकाश किस प्रकार अपवर्तित होगा? काँच के एक त्रिभुज प्रिज़्म पर विचार कीजिए। इसके दो त्रिभुजाकार आधार तथा तीन आयताकार पार्श्व-पृष्ठ होते हैं। ये पृष्ठ एक दूसरे पर झुके होते हैं। इसके दो पार्श्व फलकों के बीच के कोण को **प्रिज़्म कोण** कहते हैं। आइए, अब एक क्रियाकलाप के द्वारा अध्ययन करें कि काँच के त्रिभुज प्रिज़्म से गुजरने पर प्रकाश किस प्रकार अपवर्तित होता है।

ज़रा सोचिए

अद्‌भुत वस्तुओं का वर्णन करते आप
जिन्हें देख सकते हैं आप
चमकीला है दीप्त सूर्य, कहते हैं यह आप;
अनुभव मैं भी करता दीप्त सूर्य का ताप
पर समझ न पाया अब तक यह मैं
बनाता कैसे वह दिन और रात?

(सी. सिब्बेर द्वारा अंग्रेज़ी भाषा में रचित कविता की कुछ पंक्तियों का हिंदी रूपांतर)

क्या आप जानते हैं कि हमारे नेत्र हमारी मृत्यु के पश्चात भी जीवित रहते हैं? अपनी मृत्यु के पश्चात नेत्रदान करके हम किसी नेत्रहीन व्यक्ति के जीवन को प्रकाश से भर सकते हैं।

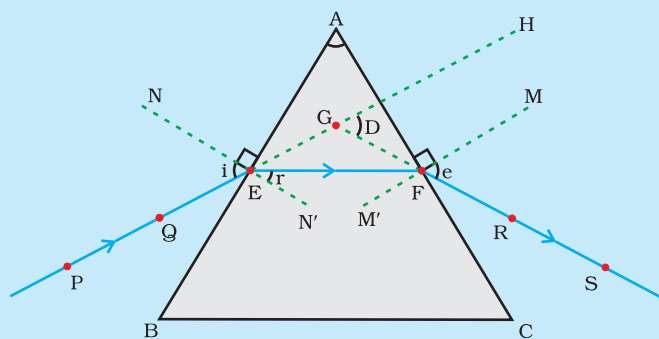
विकासशील देशों के लगभग 3.5 करोड़ व्यक्ति दृष्टिहीन हैं तथा उनमें से अधिकांश की दृष्टि ठीक की जा सकती है। कॉर्निया-अंधता से पीड़ित लगभग 45 लाख व्यक्तियों को नेत्रदान द्वारा प्राप्त कॉर्निया के प्रत्यारोपण से ठीक किया जा सकता है। इन 45 लाख व्यक्तियों में 60% बच्चे 12 वर्ष से कम आयु के हैं। अतः यदि हमें दृष्टि का वरदान प्राप्त है तो क्यों न इसे हम उन्हें अपने नेत्र देकर जाएँ, जिनके पास दृष्टि नहीं है? नेत्रदान करते समय हमें किन-किन बातों को ध्यान में रखना चाहिए?

- नेत्रदान करने वाला व्यक्ति किसी भी आयु वर्ग अथवा लिंग का हो सकता है। चश्मा पहनने वाले या मोतियाबिंद का ऑपरेशन करा चुके व्यक्ति भी नेत्रदान कर सकते हैं। मधुमेह अथवा उच्च रक्तचाप से पीड़ित व्यक्ति, दमे के रोगी तथा वे व्यक्ति जिन्हें कोई संक्रामक रोग नहीं है, भी नेत्रदान कर सकते हैं।
- मृत्यु के पश्चात 4–6 घंटे के भीतर नेत्र निकाल लिए जाने चाहिए। अतः समीप के नेत्र बैंक को तुरंत सूचित करें।
- नेत्र बैंक की टीम दिवंगत व्यक्ति के घर पर या अस्पताल में नेत्र निकाल लेगी।
- नेत्र निकालने में मात्र 10–15 मिनट का समय लगता है। यह एक सरल प्रक्रिया है तथा इसमें किसी प्रकार का विरूपण नहीं होता।
- ऐसे व्यक्ति जो एड्स (AIDS), हेपेटाइटिस B या C (Hepatitis B or C), जलभीति (Rabies), तीव्र लूकीमिया (Acute leukaemia), धनुस्तंभ (Tetanus), हैज़ा, तानिका शोध (Meningitis) या मस्तिष्क शोध (Encephalitis) से संक्रमित हैं या जिनकी इनके कारण मृत्यु हुई हो, नेत्रदान नहीं कर सकते।

नेत्र बैंक दान किए गए नेत्रों को एकत्रित करता है, उनका मूल्यांकन करता है, तथा उन्हें वितरित करता है। सभी दान किए गए नेत्रों का चिकित्सा के उच्च मानदंडों द्वारा मूल्यांकन किया जाता है। प्रत्यारोपण के मानकों पर खरे न उतरने वाले नेत्रों को महत्वपूर्ण अनुसंधान एवं चिकित्सा-शिक्षा के लिए प्रयोग किया जाता है। दानकर्ता तथा नेत्र लेने वाले दोनों की पहचान को गुप्त रखा जाता है।

नेत्रों का एक युगल, कॉर्निया अंधता से पीड़ित चार व्यक्तियों तक को दृष्टि प्रदान कर सकता है।

क्रियाकलाप 10.1

- एक ड्राइंग बोर्ड पर ड्राइंग पिनों की सहायता से सफ़ेद कागज़ की एक शीट लगाइए।
- इस शीट पर काँच का प्रिज़्म इस प्रकार रखिए कि इसका त्रिभुजाकार फलक आधार बन जाए। एक पेंसिल का प्रयोग करके प्रिज़्म की सीमा रेखा खींचिए।
- प्रिज़्म के किसी एक अपवर्तक पृष्ठ AB से कोई कोण बनाती हुई एक सरल रेखा PE खींचिए।
- रेखा PE पर दो पिनें, बिंदु P तथा Q पर गाड़िए जैसा कि चित्र 10.4 में दर्शाया गया है।
- फलक AC की ओर से P तथा Q पिनों के प्रतिबिंबों को देखिए।
- R तथा S बिंदुओं पर दो और पिनें इस प्रकार गाड़िए कि पिन R तथा S एवं पिन P तथा Q के प्रतिबिंब एक सीधी रेखा में दिखाई दें।
- पिनों तथा काँच के प्रिज़्म को हटाइए।
- रेखा PE प्रिज़्म की सीमा रेखा के बिंदु E पर (चित्र 10.4 देखिए) मिलती है। इसी प्रकार, बिंदुओं, R तथा S को एक रेखा से जोड़िए तथा इस रेखा को इस प्रकार आगे बढ़ाइए कि यह प्रिज़्म के फलक AC से F पर मिले। हम पहले ही देख चुके हैं कि पिनों P तथा Q को मिलाने वाली रेखा फलक AB से E पर मिलती है। E तथा F को मिलाइए।
- प्रिज़्म के अपवर्तक पृष्ठों AB तथा AC पर क्रमशः बिंदुओं E तथा F पर अभिलंब खींचिए।
- चित्र 10.4 में दर्शाए अनुसार आपतन कोण (∠i) अपवर्तन कोण (∠r) तथा निर्गत कोण (∠e) को चिह्नित कीजिए।

PE – आपतित किरण	∠i – आपतन कोण
EF – अपवर्तित किरण	∠r – अपवर्तन कोण
FS – निर्गत किरण	∠e – निर्गत कोण
∠A – प्रिज़्म कोण	∠D – विचलन कोण

***चित्र 10.4** काँच के त्रिभुज प्रिज़्म से प्रकाश का अपवर्तन*

यहाँ PE आपतित किरण है, EF अपवर्तित किरण है तथा FS निर्गत किरण है। आप देख सकते हैं कि पहले पृष्ठ AB पर प्रकाश की किरण वायु से काँच में प्रवेश कर रही है। अपवर्तन के पश्चात प्रकाश की किरण अभिलंब की ओर मुड़ जाती है। दूसरे पृष्ठ AC पर प्रकाश की किरण काँच से वायु में प्रवेश करती है। अतः यह अभिलंब से दूर मुड़ती है। प्रिज़्म के प्रत्येक अपवर्तक पृष्ठ पर

आपतन कोण तथा अपवर्तन कोण की तुलना कीजिए। क्या यह काँच के स्लैब में हुए झुकाव के समान ही है? प्रिज़्म की विशेष आकृति के कारण निर्गत किरण, आपतित किरण की दिशा से एक कोण बनाती है। इस कोण को **विचलन कोण** कहते हैं। इस स्थिति में $\angle D$ विचलन कोण है। उपरोक्त क्रियाकलाप में विचलन कोण को चिह्नित कीजिए तथा इसे मापिए।

10.4 काँच के प्रिज़्म द्वारा श्वेत प्रकाश का विक्षेपण

आपने किसी इंद्रधनुष में भव्य वर्णों (रंगों) को देखा और सराहा होगा। सूर्य के श्वेत प्रकाश से हमें इंद्रधनुष के विभिन्न वर्ण (रंग) किस प्रकार प्राप्त हो जाते हैं? इस प्रश्न पर विचार करने से पहले हम फिर से प्रिज़्म से होने वाले प्रकाश के अपवर्तन को देखते हैं। काँच के प्रिज़्म के झुके हुए अपवर्तक पृष्ठ एक रोचक परिघटना दर्शाते हैं। आइए, इसे एक क्रियाकलाप द्वारा देखें।

क्रियाकलाप 10.2

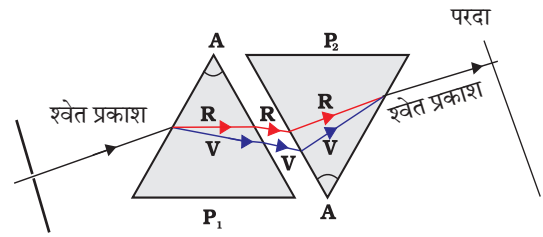
- गत्ते की एक मोटी शीट लीजिए तथा इसके मध्य में एक छोटा छिद्र या एक पतली झिरी बनाइए।
- पतली झिरी पर सूर्य का प्रकाश पड़ने दीजिए। इससे श्वेत प्रकाश का एक पतला किरण पुंज प्राप्त होता है।
- अब काँच का एक प्रिज़्म लीजिए तथा चित्र 10.5 में दर्शाए अनुसार झिरी से प्रकाश को इसके एक फलक पर डालिए।
- प्रिज़्म को धीरे से इतना घुमाइए कि इससे बाहर निकलने वाला प्रकाश पास रखे किसी परदे पर दिखाई देने लगे।
- आप क्या देखते हैं? आप वर्णों की एक आकर्षक पट्टी देखेंगे। ऐसा क्यों होता है?

संभवतः प्रिज़्म ने आपतित श्वेत प्रकाश को रंगों (वर्णों) की पट्टी में विभक्त कर दिया है। इस रंगीन पट्टी के दोनों सिरों पर दिखाई देने वाले वर्णों को नोट कीजिए। परदे पर दिखाई देने वाले वर्णों का क्रम क्या है? दिखाई देने वाले विभिन्न वर्णों का क्रम— बैंगनी (violet), जामुनी (indigo), नीला (blue), हरा (green), पीला (yellow), नारंगी (orange) तथा लाल (red) जैसा कि चित्र 10.5 में दर्शाया गया है। प्रसिद्ध परिवर्णी शब्द VIBGYOR आपको वर्णों के क्रम याद रखने में सहायता करेगा। प्रकाश के अवयवी वर्णों के इस बैंड को **स्पेक्ट्रम** कहते हैं। हो सकता है कि आप सभी वर्णों को अलग-अलग न देख पाएँ। फिर भी कुछ ऐसा अवश्य है, जो प्रत्येक वर्ण को एक-दूसरे से अलग करता है। प्रकाश के अवयवी वर्णों में विभाजन को **विक्षेपण** कहते हैं।

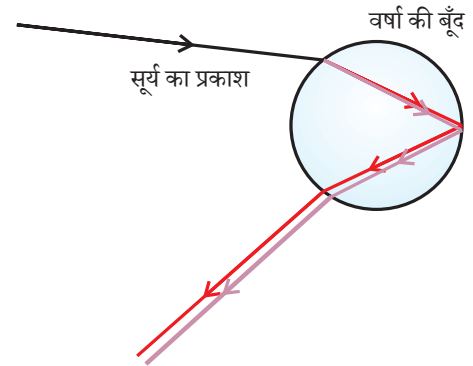
चित्र 10.5 काँच के प्रिज़्म द्वारा श्वेत प्रकाश का विक्षेपण

आपने देखा कि श्वेत प्रकाश प्रिज़्म द्वारा इसके सात अवयवी वर्णों में विक्षेपित हो जाता है। हमें ये वर्ण क्यों प्राप्त होते हैं? किसी प्रिज़्म से गुज़रने के पश्चात, प्रकाश के विभिन्न वर्ण, आपतित किरण के सापेक्ष अलग-अलग कोणों पर झुकते (मुड़ते) हैं। लाल प्रकाश सबसे कम झुकता है, जबकि बैंगनी सबसे अधिक झुकता है। इसलिए प्रत्येक वर्ण की किरणें अलग-अलग पथों के अनुदिश निर्गत होती हैं

तथा सुस्पष्ट दिखाई देती हैं। यह सुस्पष्ट वर्णों का बैंड ही हमें स्पेक्ट्रम के रूप में दिखाई देता है।

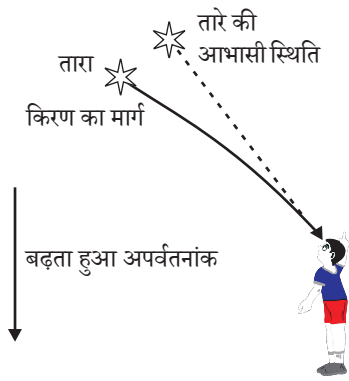
आइज़क न्यूटन ने सर्वप्रथम सूर्य का स्पेक्ट्रम प्राप्त करने के लिए काँच के प्रिज़्म का उपयोग किया। दूसरे समान प्रिज़्म उपयोग करके उन्होंने श्वेत प्रकाश के स्पेक्ट्रम के वर्णों को और अधिक विभक्त करने का प्रयत्न किया, किंतु उन्हें और अधिक वर्ण नहीं मिल पाए। फिर उन्होंने चित्र 10.6 की भाँति एक दूसरा सर्व सम प्रिज़्म पहले प्रिज़्म के सापेक्ष उल्टी स्थिति में रखा। इससे स्पेक्ट्रम के सभी वर्ण दूसरे प्रिज़्म से होकर गुज़रे। उन्होंने देखा कि दूसरे प्रिज़्म से श्वेत प्रकाश का किरण पुंज निर्गत हो रहा है। इस प्रेक्षण से न्यूटन को यह विचार आया कि सूर्य का प्रकाश सात वर्णों से मिलकर बना है। कोई भी प्रकाश जो सूर्य के प्रकाश के सदृश स्पेक्ट्रम बनाता है, प्रायः श्वेत प्रकाश कहलाता है।

चित्र 10.6 श्वेत प्रकाश के स्पेक्ट्रम का पुनर्योजन

इंद्रधनुष, वर्षा के पश्चात आकाश में जल के सूक्ष्म कणों में दिखाई देने वाला प्राकृतिक स्पेक्ट्रम (चित्र 10.7) है। यह वायुमंडल में उपस्थित जल की सूक्ष्म बूँदों द्वारा सूर्य के प्रकाश के परिक्षेपण के कारण प्राप्त होता है। इंद्रधनुष सदैव सूर्य के विपरीत दिशा में बनता है। जल की सूक्ष्म बूँदें छोटे प्रिज़्मों की भाँति कार्य करती हैं। सूर्य के आपतित प्रकाश को ये बूँदें अपवर्तित तथा विक्षेपित करती हैं, तत्पश्चात इसे आंतरिक परावर्तित करती हैं। अंततः जल की बूँद से बाहर निकलते समय प्रकाश को पुनः अपवर्तित (चित्र 10.8) करती हैं। प्रकाश के परिक्षेपण तथा आंतरिक परावर्तन के कारण विभिन्न वर्ण प्रेक्षक के नेत्रों तक पहुँचते हैं।

चित्र 10.7 आकाश में इंद्रधनुष

यदि सूर्य आपकी पीठ की ओर हो और आप आकाश की ओर धूप वाले किसी दिन किसी जल प्रपात अथवा जल के फव्वारे से देखें तो आप इंद्रधनुष का दृश्य देख सकते हैं।

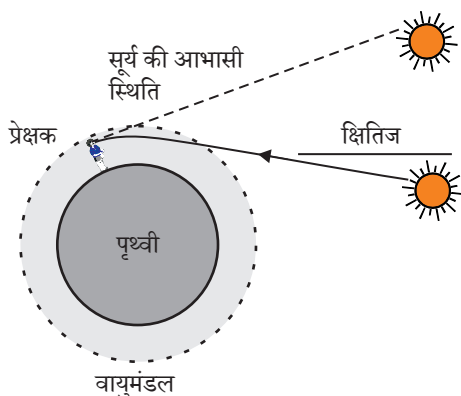
चित्र 10.8
इंद्रधनुष का बनना

10.5 वायुमंडलीय अपवर्तन

आपने संभवतः कभी आग या भट्टी अथवा किसी ऊष्मीय विकिरक के ऊपर उठती गरम वायु के विक्षुब्ध प्रवाह में धूल के कणों की आभासी, अनियमित, अस्थिर गति अथवा झिलमिलाहट देखी होगी। आग के तुरंत ऊपर की वायु अपने ऊपर की वायु की तुलना में अधिक गरम हो जाती है। गरम वायु अपने ऊपर की ठंडी वायु की तुलना में हल्की (कम सघन) होती है तथा इसका अपवर्तनांक ठंडी वायु की अपेक्षा थोड़ा कम होता है, क्योंकि अपवर्तक माध्यम (वायु) की भौतिक अवस्थाएँ स्थिर नहीं हैं, इसलिए गरम वायु में से होकर देखने पर वस्तु की आभासी स्थिति परिवर्तित होती रहती है। इस प्रकार यह अस्थिरता हमारे स्थानीय पर्यावरण में लघु स्तर पर वायुमंडलीय अपवर्तन (पृथ्वी के वायुमंडल के कारण प्रकाश का अपवर्तन) का ही एक प्रभाव है। तारों का टिमटिमाना बृहत् स्तर की एक ऐसी ही परिघटना है। आइए, देखें इसकी व्याख्या हम किस प्रकार कर सकते हैं।

चित्र 10.9 वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण तारे की आभासी स्थिति

तारों का टिमटिमाना

तारों के प्रकाश के वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण ही तारे टिमटिमाते प्रतीत होते हैं। पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करने के पश्चात पृथ्वी के पृष्ठ पर पहुँचने तक तारे का प्रकाश निरंतर अपवर्तित होता जाता है। वायुमंडलीय अपवर्तन उसी माध्यम में होता है, जिसका क्रमिक परिवर्ती अपवर्तनांक हो, क्योंकि वायुमंडल तारे के प्रकाश को अभिलंब की ओर झुका देता है। अतः तारे की आभासी स्थिति उसकी वास्तविक स्थिति से कुछ भिन्न प्रतीत होती है। क्षितिज के निकट देखने पर (चित्र 10.9) कोई तारा अपनी वास्तविक स्थिति से कुछ ऊँचाई पर प्रतीत होता है। इसके अतिरिक्त जैसा कि ऐसी ही परिस्थिति में पिछले अनुभाग में वर्णन किया जा चुका है, तारे की यह आभासी स्थिति भी स्थायी न होकर धीरे-धीरे थोड़ी बदलती भी रहती है, क्योंकि पृथ्वी के वायुमंडल की भौतिक अवस्थाएँ स्थायी नहीं हैं। चूँकि, तारे बहुत दूर हैं, अतः वे प्रकाश के बिंदु-स्रोत के सन्निकट हैं, क्योंकि तारों से आने वाली प्रकाश किरणों का पथ थोड़ा-थोड़ा परिवर्तित होता रहता है। अतः तारे की आभासी स्थिति विचलित होती रहती है तथा आँखों में प्रवेश करने वाले तारों के प्रकाश की मात्रा झिलमिलाती रहती है, जिसके कारण कोई तारा कभी चमकीला प्रतीत होता है तो कभी धुँधला, जो कि टिमटिमाहट का प्रभाव है।

ग्रह क्यों नहीं टिमटिमाते? ग्रह तारों की अपेक्षा पृथ्वी के बहुत पास हैं और इसीलिए उन्हें विस्तृत स्रोत की भाँति माना जा सकता है। यदि हम ग्रह को बिंदु-साइज़ के अनेक प्रकाश स्रोतों का संग्रह मान लें तो सभी बिंदु साइज़ के प्रकाश-स्रोतों से हमारे नेत्रों में प्रवेश करने वाले प्रकाश की मात्रा में कुल परिवर्तन का औसत मान शून्य होगा, इसी कारण टिमटिमाने का प्रभाव निष्प्रभावित हो जाएगा।

चित्र 10.10 वायुमंडलीय अपवर्तन का सूर्योदय तथा सूर्यास्त पर प्रभाव

अग्रिम सूर्योदय तथा विलंबित सूर्यास्त

वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण सूर्य हमें वास्तविक सूर्योदय से लगभग 2 मिनट पूर्व दिखाई देने लगता है तथा वास्तविक सूर्यास्त के लगभग 2 मिनट पश्चात तक दिखाई देता रहता है। वास्तविक सूर्योदय से हमारा अर्थ है, सूर्य द्वारा वास्तव में क्षितिज को पार करना। चित्र 10.10 में सूर्य की क्षितिज के सापेक्ष वास्तविक तथा आभासी स्थितियाँ दर्शाई गई हैं। वास्तविक सूर्यास्त तथा आभासी सूर्यास्त के बीच समय का अंतर लगभग 2 मिनट है। इसी परिघटना के कारण ही सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य की चक्रिका चपटी प्रतीत होती है।

10.6 प्रकाश का प्रकीर्णन

प्रकाश तथा हमारे चारों ओर की वस्तुओं के बीच अन्योन्यक्रिया के कारण ही हमें प्रकृति में अनेक आश्चर्यजनक परिघटनाएँ देखने को मिलती हैं। आकाश का नीला रंग, गहरे समुद्र के जल का रंग, सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य का रक्ताभ दिखाई देना, कुछ ऐसी अदभुत परिघटनाएँ हैं, जिनसे हम परिचित हैं। पिछली कक्षा में आपने कोलॉइडी कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन के

विषय में अध्ययन किया है। किसी वास्तविक विलयन से गुज़रने वाले प्रकाश किरण पुंज का मार्ग हमें दिखाई नहीं देता। तथापि, किसी कोलॉइडी विलयन में जहाँ कणों का साइज़ अपेक्षाकृत बड़ा होता है, यह मार्ग दृश्य होता है।

10.6.1 टिंडल प्रभाव

पृथ्वी का वायुमंडल सूक्ष्म कणों का एक विषमांगी मिश्रण है। इन कणों में धुआँ, जल की सूक्ष्म बूँदें, धूल के निलंबित कण तथा वायु के अणु सम्मलित होते हैं। जब कोई प्रकाश किरण पुंज ऐसे महीन कणों से टकराता है तो उस किरण पुंज का मार्ग दिखाई देने लगता है। इन कणों से विसरित प्रकाश परावर्तित होकर हमारे पास तक पहुँचता है। कोलॉइडी कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन की परिघटना टिंडल प्रभाव उत्पन्न करती है, जिसके विषय में आप कक्षा 9 में पढ़ चुके हैं। जब धुएँ से भरे किसी कमरे में किसी सूक्ष्म छिद्र से कोई पतला प्रकाश किरण पुंज प्रवेश करता है तो इस परिघटना को देखा जा सकता है। इस प्रकार, प्रकाश का प्रकीर्णन कणों को दृश्य बनाता है, जब किसी घने जंगल के वितान (canopy) से सूर्य का प्रकाश गुजरता है तो टिंडल प्रभाव को देखा जा सकता है। जंगल के कुहासे में जल की सूक्ष्म बूँदें प्रकाश का प्रकीर्णन कर देती हैं।

प्रकीर्णित प्रकाश का वर्ण, प्रकीर्णन करने वाले कणों के साइज़ पर निर्भर करता है। अत्यंत सूक्ष्म कण मुख्य रूप से नीले प्रकाश को प्रकीर्ण करते हैं, जबकि बड़े साइज़ के कण अधिक तरंगदैर्घ्य के प्रकाश को प्रकीर्ण करते हैं। यदि प्रकीर्णन करने वाले कणों का साइज़ बहुत अधिक है तो प्रकीर्णित प्रकाश श्वेत भी प्रतीत हो सकता है।

10.6.2 स्वच्छ आकाश का रंग नीला क्यों होता है?

वायुमंडल में वायु के अणु तथा अन्य सूक्ष्म कणों का साइज़ दृश्य प्रकाश की तरंगदैर्घ्य के प्रकाश की अपेक्षा नीले वर्ण की ओर के कम तरंगदैर्घ्य के प्रकाश को प्रकीर्णित करने में अधिक प्रभावी है। लाल वर्ण के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य नीले प्रकाश की अपेक्षा लगभग 1.8 गुनी है। अतः, जब सूर्य का प्रकाश वायुमंडल से गुज़रता है, वायु के सूक्ष्म कण लाल रंग की अपेक्षा नीले रंग (छोटी तरंगदैर्घ्य) को अधिक प्रबलता से प्रकीर्ण करते हैं। प्रकीर्णित हुआ नीला प्रकाश हमारे नेत्रों में प्रवेश करता है। यदि पृथ्वी पर वायुमंडल न होता तो कोई प्रकीर्णन न हो पाता, तब आकाश काला प्रतीत होता। अत्यधिक ऊँचाई पर उड़ते हुए यात्रियों को आकाश काला प्रतीत होता है, क्योंकि इतनी ऊँचाई पर प्रकीर्णन सुस्पष्ट नहीं होता।

संभवतः आपने देखा होगा कि 'खतरे' के संकेत (सिग्नल) का प्रकाश लाल रंग का होता है। क्या आप इसका कारण जानते हैं? लाल रंग कुहरे या धुएँ से सबसे कम प्रकीर्ण होता है। इसीलिए, यह दूर से देखने पर भी लाल रंग का ही दिखलाई देता है।

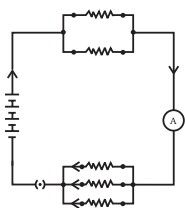
2024-25

आपने क्या सीखा

- नेत्र की वह क्षमता जिसके कारण वह अपनी फोकस दूरी को समायोजित करके निकट तथा दूरस्थ वस्तुओं को फोकसित कर लेता है, नेत्र की समंजन क्षमता कहलाती है।
- वह अल्पतम दूरी जिस पर रखी वस्तु को नेत्र बिना किसी तनाव के सुस्पष्ट देख सकता है, उसे नेत्र का निकट बिंदु अथवा सुस्पष्ट दर्शन की अल्पतम दूरी कहते हैं। सामान्य दृष्टि के वयस्क के लिए यह दूरी लगभग 25 cm होती है।
- दृष्टि के सामान्य अपवर्तक दोष हैं— निकट-दृष्टि, दीर्घ-दृष्टि तथा जरा-दूरदृष्टिता। निकट-दृष्टि (निकट दृष्टिता – दूर रखी वस्तु का प्रतिबिंब दृष्टिपटल के सामने बनता है।) को उचित क्षमता के अवतल लेंस द्वारा संशोधित किया जाता है। दीर्घ-दृष्टि (दूरदृष्टिता – पास रखी वस्तुओं के प्रतिबिंब दृष्टिपटल के पीछे बनते हैं।) को उचित क्षमता के उत्तल लेंस द्वारा संशोधित किया जाता है। वृद्धावस्था में नेत्र की समंजन क्षमता घट जाती है।
- श्वेत प्रकाश का इसके अवयवी वर्णों में विभाजन विक्षेपण कहलाता हैं।
- प्रकाश के प्रकीर्णन के कारण आकाश का रंग नीला तथा सूर्योदय एवं सूर्यास्त के समय सूर्य रक्ताभ प्रतीत होता है।

अभ्यास

1. मानव नेत्र अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी को समायोजित करके विभिन्न दूरियों पर रखी वस्तुओं को फोकसित कर सकता है। ऐसा हो पाने का कारण है—
   (a) जरा-दूरदृष्टिता
   (b) समंजन
   (c) निकट-दृष्टि
   (d) दीर्घ-दृष्टि
2. मानव नेत्र जिस भाग पर किसी वस्तु का प्रतिबिंब बनाते हैं वह है—
   (a) कॉर्निया
   (b) परितारिका
   (c) पुतली
   (d) दृष्टिपटल
3. सामान्य दृष्टि के वयस्क के लिए सुस्पष्ट दर्शन की अल्पतम दूरी होती है, लगभग—
   (a) 25 m
   (b) 2.5 cm
   (c) 25 cm
   (d) 2.5 m

4. अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी में परिवर्तन किया जाता है—
   (a) पुतली द्वारा
   (b) दृष्टिपटल द्वारा
   (c) पक्ष्माभी द्वारा
   (d) परितारिका द्वारा
5. किसी व्यक्ति को अपनी दूर की दृष्टि को संशोधित करने के लिए– 5.5 डाइऑप्टर क्षमता के लेंस की आवश्यकता है। अपनी निकट की दृष्टि को संशोधित करने के लिए उसे +1.5 डाइऑप्टर क्षमता के लेंस की आवश्यकता है। संशोधित करने के लिए आवश्यक लेंस की फोकस दूरी क्या होगी— (i) दूर की दृष्टि के लिए (ii) निकट की दृष्टि के लिए।
6. किसी निकट-दृष्टि दोष से पीड़ित व्यक्ति का दूर बिंदु नेत्र के सामने 80 cm दूरी पर है। इस दोष को संशोधित करने के लिए आवश्यक लेंस की प्रकृति तथा क्षमता क्या होगी?
7. चित्र बनाकर दर्शाइए कि दीर्घ-दृष्टि दोष कैसे संशोधित किया जाता है। एक दीर्घ-दृष्टि दोषयुक्त नेत्र का निकट बिंदु 1 m है। इस दोष को संशोधित करने के लिए आवश्यक लेंस की क्षमता क्या होगी? यह मान लीजिए कि सामान्य नेत्र का निकट बिंदु 25 cm है।
8. सामान्य नेत्र 25 cm से निकट रखी वस्तुओं को सुस्पष्ट क्यों नहीं देख पाते?
9. जब हम नेत्र से किसी वस्तु की दूरी को बढ़ा देते हैं तो नेत्र में प्रतिबिंब-दूरी का क्या होता है?
10. तारे क्यों टिमटिमाते हैं?
11. व्याख्या कीजिए कि ग्रह क्यों नहीं टिमटिमाते।
12. किसी अतंरिक्षयात्री को आकाश नीले की अपेक्षा काला क्यों प्रतीत होता है?

अध्याय 11

विद्युत

विद्युत का आधुनिक समाज में एक महत्त्वपूर्ण स्थान है। यह घरों, विद्यालयों, अस्पतालों, उद्योगों तथा ऐसे ही अन्य संस्थानों के विविध उपयोगों के लिए एक नियंत्रित कर सकने योग्य और सुविधाजनक ऊर्जा का रूप है। वह क्या है, जिससे विद्युत बनती है? किसी विद्युत परिपथ में यह कैसे प्रवाहित होती है? वह कौन से कारक हैं, जो किसी विद्युत परिपथ की विद्युत धारा को नियंत्रित अथवा नियमित करते हैं। इस अध्याय में हम इस प्रकार के प्रश्नों के उत्तर देने का प्रयास करेंगे। हम विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव तथा इसके अनुप्रयोगों पर भी चर्चा करेंगे।

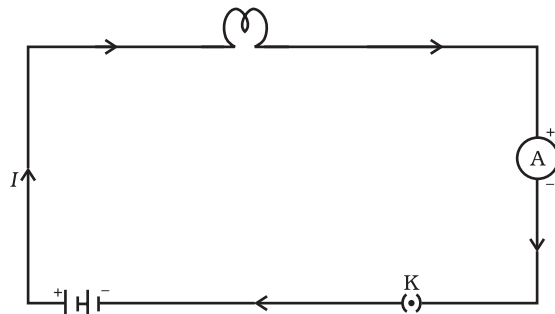
11.1 विद्युत धारा और परिपथ

हम वायु धारा तथा जल धारा से परिचित हैं। हम जानते हैं कि बहते हुए जल से नदियों में जल धारा बनती है। इसी प्रकार यदि विद्युत आवेश किसी चालक में से प्रवाहित होता है (उदाहरण के लिए किसी धातु के तार में से) तब हम यह कहते हैं कि चालक में विद्युत धारा है। हम जानते हैं कि किसी टॉर्च में सेल (अथवा बैटरी, जब उचित क्रम में रखे जाते हैं।) टॉर्च के बल्ब को दीप्त करने के लिए आवेश का प्रवाह अथवा विद्युत धारा प्रदान करते हैं। हमने यह भी देखा है कि टॉर्च तभी प्रकाश देती है, जब उसके स्विच को **'ऑन'** करते हैं। स्विच क्या कार्य करता है? स्विच सेल तथा बल्ब के बीच चालक संबंध जोड़ता है। किसी विद्युत धारा के सतत तथा बंद पथ को **विद्युत परिपथ** कहते हैं। अब यदि परिपथ कहीं से टूट जाए (अथवा टॉर्च के स्विच को 'ऑफ' कर दें।) तो विद्युत धारा का प्रवाह समाप्त हो जाता है तथा बल्ब दीप्ति नहीं करता।

हम विद्युत धारा को कैसे व्यक्त करें? विद्युत धारा को एकांक समय में किसी विशेष क्षेत्र से प्रवाहित आवेश के परिमाण द्वारा व्यक्त किया जाता है। दूसरे शब्दों में, **विद्युत आवेश के प्रवाह की दर को विद्युत धारा कहते हैं।** उन परिपथों में जिनमें धातु के तार उपयोग होते हैं, आवेशों के प्रवाह की रचना इलेक्ट्रॉन करते हैं। तथापि, जिस समय विद्युत की परिघटना का सर्वप्रथम प्रेक्षण किया गया था, इलेक्ट्रॉनों के बारे में कोई जानकारी नहीं थी। अतः विद्युत धारा को धनावेशों का प्रवाह माना गया तथा धनावेश के प्रवाह की दिशा को ही विद्युत धारा की दिशा माना गया। परिपाटी के अनुसार किसी विद्युत परिपथ में इलेक्ट्रॉनों का जो ऋणावेश हैं, के प्रवाह की दिशा के विपरीत दिशा को विद्युत धारा की दिशा माना जाता है।

यदि किसी चालक की किसी भी अनुप्रस्थ काट से समय t में नेट आवेश Q प्रवाहित होता है तब उस अनुप्रस्थ काट से प्रवाहित विद्युत धारा I को इस प्रकार व्यक्त करते हैं—

$$I = \frac{Q}{t} \qquad (11.1)$$

विद्युत आवेश का SI मात्रक कूलॉम (C) है, जो लगभग $6 \times 10_{18}$ इलेक्ट्रॉनों में समाए आवेश के तुल्य होता है। (हम जानते हैं कि एक इलेक्ट्रॉन पर 1.6×10^{-19}C आवेश होता है।) विद्युत धारा को एक मात्रक जिसे ऐम्पियर (A) कहते हैं, में व्यक्त किया जाता है। इस मात्रक का नाम आंद्रे-मेरी ऐम्पियर (1775–1836) नाम के फ्रांसीसी वैज्ञानिक के नाम पर रखा गया है। एक ऐम्पियर विद्युत धारा की रचना प्रति सेकंड एक कूलॉम आवेश के प्रवाह से होती है, अर्थात 1 A = 1 C/1 s अल्प परिमाण की विद्युत धारा को मिलीऐम्पियर (1 mA = 10^{-3} A) अथवा माइक्रोऐम्पियर (1 μA = 10^{-6} A) में व्यक्त करते हैं। परिपथों की विद्युत धारा मापने के लिए जिस यंत्र का उपयोग करते हैं, उसे ऐमीटर कहते हैं। इसे सदैव जिस परिपथ में विद्युत धारा मापनी होती है, उसके श्रेणीक्रम में संयोजित करते हैं। चित्र 11.1 में एक प्रतीकात्मक विद्युत परिपथ का व्यवस्था आरेख दिखाया गया है, जिसमें एक सेल, एक विद्युत बल्ब, एक ऐमीटर तथा प्लग कुंजी जुड़े हैं। ध्यान दीजिए परिपथ में विद्युत धारा, सेल के धन टर्मिनल से सेल के ऋण टर्मिनल तक बल्ब और ऐमीटर से होकर प्रवाहित होती है।

चित्र 11.1
एक सेल, एक विद्युत बल, एक ऐमीटर तथा एक प्लग कुंजी से मिलकर बने विद्युत परिपथ का व्यवस्था आरेख

उदाहरण 11.1

किसी विद्युत बल्ब के तंतु में से 0.5 A विद्युत धारा 10 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण ज्ञात कीजिए।

हल

हमें दिया गया है, $I = 0.5$ A; $t = 10$ min = 600 s

समीकरण (11.1), से

$$\begin{aligned} Q &= It \\ &= 0.5\ \text{A} \times 600\ \text{s} \\ &= 300\ \text{C} \end{aligned}$$

प्रश्न

1. विद्युत परिपथ का क्या अर्थ है?
2. विद्युत धारा के मात्रक की परिभाषा लिखिए।
3. एक कूलॉम आवेश की रचना करने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या परिकलित कीजिए।

11.2 विद्युत विभव और विभवांतर

वह क्या है, जो विद्युत आवेश को प्रवाहित कराता है? आइए, जल के प्रवाह से सदृश के आधार पर इसका विचार करते हैं। किसी कॉपर के तार से आवेश स्वयं प्रवाहित नहीं होते, ठीक वैसे ही जैसे किसी आदर्श क्षैतिज नली से जल प्रवाहित नहीं होता। यदि नली के एक सिरे को किसी उच्च तल पर रखे जल-टैंक से जोड़ दें, जिससे नली के दो सिरों के बीच कोई दाबांतर बन जाए, तो नली के मुक्त सिरे से जल बाहर की ओर प्रवाहित होता है। किसी चालक तार में आवेशों के प्रवाह के लिए वास्तव में, गुरुत्व बल की कोई भूमिका नहीं होती; इलेक्ट्रॉन केवल तभी गति करते हैं, जब चालक के अनुदिश वैद्युत दाब में कोई अंतर होता है, जिसे **विभवांतर** कहते हैं। विभव में यह अंतर एक या अधिक विद्युत सेलों से बनी बैटरी द्वारा उत्पन्न किया जा सकता है। किसी सेल के भीतर होने वाली रासायनिक अभिक्रिया सेल के टर्मिनलों के बीच विभवांतर उत्पन्न कर देती है, ऐसा उस समय भी होता है जब सेल से कोई विद्युत धारा नहीं ली जाती है। जब सेल को किसी चालक परिपथ अवयव से संयोजित करते हैं तो विभवांतर उस चालक के आवेशों में गति ला देता है और विद्युत धारा उत्पन्न हो जाती है। किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा बनाए रखने के लिए सेल अपनी संचित रासायनिक ऊर्जा खर्च करता है।

किसी धारावाही विद्युत परिपथ के दो बिंदुओं के बीच विद्युत विभवांतर को हम उस कार्य द्वारा परिभाषित करते हैं, जो एकांक आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक लाने में किया जाता है।

$$\text{दो बिंदुओं के बीच विभवांतर } (V) = \frac{\text{किया गया कार्य } (W)}{\text{आवेश } (Q)}$$

$$V = W/Q \qquad (11.2)$$

विद्युत विभवांतर का SI मात्रक वोल्ट (V) है, जिसे इटली के भौतिकविज्ञानी अलेसान्द्रो वोल्टा के नाम पर रखा गया है। यदि किसी विद्युत धारावाही चालक के दो बिंदुओं के बीच एक कूलॉम आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में 1 जूल कार्य किया जाता है तो उन दो बिंदुओं के बीच विभवांतर 1 वोल्ट होता है। अतः

$$1 \text{ वोल्ट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ कूलॉम}}$$

$$1\text{V} = 1\text{JC}^{-1} \qquad (11.3)$$

विभवांतर की माप एक यंत्र द्वारा की जाती है, जिसे **वोल्टमीटर** कहते हैं। वोल्टमीटर को सदैव उन बिंदुओं से पार्श्वक्रम संयोजित करते हैं, जिनके बीच विभवांतर मापना होता है।

उदाहरण 11.2

12 V विभवांतर के दो बिंदुओं के बीच 2 C आवेश को ले जाने में कितना कार्य किया जाता है?

हल

विभवांतर V (= 12 वोल्ट) के दो बिंदुओं के बीच प्रवाहित आवेश का परिमाण Q (= 2 कूलॉम) है। इस प्रकार आवेश को स्थानांतरित करने में किया गया कार्य (समीकरण 11.2 के अनुसार) है—

$$W = VQ$$
$$= 12 \text{ V} \times 2 \text{ C} = 24 \text{ J}$$

प्रश्न

1. उस युक्ति का नाम लिखिए, जो किसी चालक के सिरों पर विभवांतर बनाए रखने में सहायता करती है।
2. यह कहने का क्या तात्पर्य है कि दो बिंदुओं के बीच विभवांतर 1V है?
3. 6 V बैटरी से गुज़रने वाले हर एक कूलॉम आवेश को कितनी ऊर्जा दी जाती है?

11.3 विद्युत परिपथ आरेख

हम जानते हैं कि कोई विद्युत परिपथ जैसा चित्र 11.1 में दिखाया गया है, एक सेल (अथवा एक बैटरी), एक प्लग कुंजी, वैद्युत अवयव (अथवा अवयवों) तथा संयोजी तारों से मिलकर बनता है। विद्युत परिपथों का प्रायः ऐसा व्यवस्था आरेख खींचना सुविधाजनक होता है, जिसमें परिपथ के विभिन्न अवयवों को सुविधाजनक प्रतीकों द्वारा निरूपित किया जाता है। सारणी 11.1 में सामान्य उपयोग में आने वाले कुछ वैद्युत अवयवों को निरूपित करने वाले रूढ़ प्रतीक दिए गए हैं।

सारणी 11.1 : विद्युत परिपथों में सामान्यतः उपयोग होने वाले कुछ अवयवों के प्रतीक

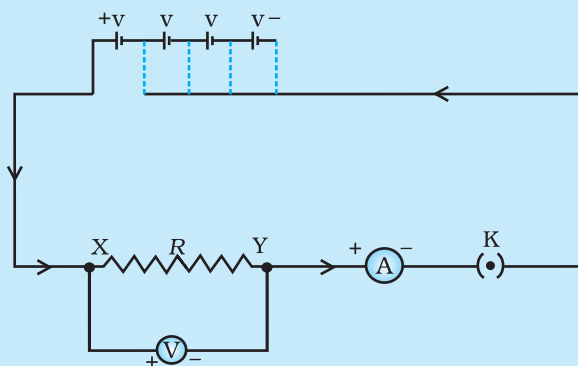
क्रम संख्या	अवयव	प्रतीक
1	विद्युत सेल	——+| |−——
2	बैटरी अथवा सेलों का संयोजन	——+| |——| |——| |−——
3	(खुली) प्लग कुंजी अथवा स्विच	—( )—
4	(बंद) प्लग कुंजी अथवा स्विच	—(•)—
5	तार संधि	——•——

6	(बिना संधि के) तार क्रॉसिंग	
7	विद्युत बल्ब	या
8	प्रतिरोधक	
9	परिवर्ती प्रतिरोधक अथवा धारा नियंत्रक	या
10	ऐमीटर	+ A −
11	वोल्टमीटर	+ V −

11.4 ओम का नियम

क्या किसी चालक के सिरों के बीच विभवांतर और उससे प्रवाहित विद्युतधारा के बीच कोई संबंध है? आइए, एक क्रियाकलाप द्वारा इसकी छानबीन करते हैं।

क्रियाकलाप 11.1

- चित्र 11.3 में दिखाए अनुसार एक परिपथ तैयार कीजिए। इस परिपथ में लगभग 0.5 m लंबा निक्रोम का तार XY, एक ऐमीटर, एक वोल्टमीटर तथा चार सेल जिनमें प्रत्येक 1.5 V का हो, जोड़िए। (निक्रोम निकैल, क्रोमियम, मैंगनीज तथा आयरन की एक मिश्रधातु है।)

चित्र 11.2 ओम के नियम के अध्ययन के लिए विद्युत परिपथ

- सबसे पहले परिपथ में विद्युत धारा के स्रोत के रूप में केवल एक सेल का उपयोग कीजिए। परिपथ में निक्रोम-तार XY से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा के लिए ऐमीटर का पाठ्यांक *I*, तार के सिरों के बीच विभवांतर के लिए वोल्टमीटर का पाठ्यांक *V* लीजिए। इन्हें दी गई सारणी में लिखिए।

- इसके पश्चात परिपथ में दो सेल जोड़िए और निक्रोम तार में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा तथा इसके सिरों के बीच विभवांतर का मान ज्ञात करने के ऐमीटर तथा वोल्टमीटर के पाठ्यांक नोट कीजिए।
- उपरोक्त चरणों को, पहले तीन सेल और फिर चार सेलों को परिपथ में पृथक-पृथक लगाकर दोहराइए।
- विभवांतर V तथा विद्युत धारा I के प्रत्येक युगल के लिए अनुपात V/I परिकलित कीजिए।
- V तथा I के बीच ग्राफ खींचिए तथा इस ग्राफ की प्रकृति का प्रेक्षण कीजिए।

क्रम संख्या	परिपथ में जुड़े सेलों की संख्या	निक्रोम-तार से प्रवाहित विद्युत धारा I (A)	निक्रोम-तार के सिरों पर विभवांतर V (V)	V/I (वोल्ट/ऐम्पियर)
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			

इस क्रियाकलाप में आप यह देखेंगे कि प्रत्येक प्रकरण में V/I का लगभग एक ही मान प्राप्त होता है। इस प्रकार V-I ग्राफ चित्र 11.3 में दिखाए अनुसार मूल बिंदु से गुज़रने वाली एक सरल रेखा होती है। इस प्रकार, V/I एक नियत अनुपात है।

चित्र 11.3
निक्रोम तार के लिए V-I ग्राफ। सरल रेखीय ग्राफ यह दर्शाता है कि जैसे-जैसे तार में प्रवाहित विद्युत धारा बढ़ती है विभवांतर रैखिकतः बढ़ता है। यही ओम का नियम है।

1827 में जर्मन भौतिकविज्ञानी जार्ज साईमन ओम ने किसी धातु के तार में प्रवाहित विद्युत धारा I तथा उसके सिरों के बीच विभवांतर में परस्पर संबंध का पता लगाया। एक विद्युत परिपथ में धातु के तार के दो सिरों के बीच विभवान्तर उसमें प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा के समानुपाती होता है, परंतु तार का ताप समान रहना चाहिए। इसे **ओम का नियम** कहते हैं। दूसरे शब्दों में—

$$V \propto I \quad (11.4)$$

अथवा $\quad V/I = $ नियतांक

$$= R$$

अथवा $$V = IR \quad (11.5)$$

समीकरण (11.5) में किसी दिए गए धातु के लिए, दिए गए ताप पर, R एक नियतांक है, जिसे तार का प्रतिरोध कहते हैं। किसी चालक का यह गुण है कि वह अपने में प्रवाहित होने वाले आवेश के प्रवाह का विरोध करता हैं। प्रतिरोध का SI मात्रक ओम है, इसे ग्रीक भाषा के शब्द Ω से निरूपित करते हैं। ओम के नियम के अनुसार—

$$R = V/I \quad (11.6)$$

यदि किसी चालक के दोनों सिरों के बीच विभवांतर 1 V है तथा उससे 1 A विद्युत धारा प्रवाहित होती है, तब उस चालक का प्रतिरोध R, 1 Ω होता है।

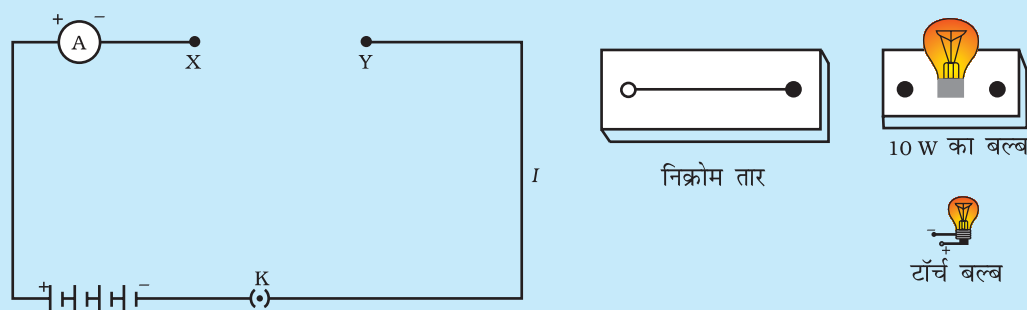
$$1 \text{ ओम} = \frac{1 \text{ वोल्ट}}{1 \text{ ऐम्पियर}}$$

समीकरण (11.5) से हमें यह संबंध भी प्राप्त होता है—

$$I = V/R \tag{11.7}$$

समीकरण (11.7) से स्पष्ट है कि किसी प्रतिरोधक से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा उसके प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती है। यदि प्रतिरोध दोगुना हो जाए तो विद्युत धारा आधी रह जाती है। व्यवहार में कई बार किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा को घटाना अथवा बढ़ाना आवश्यक हो जाता है। स्रोत की वोल्टता में बिना कोई परिवर्तन किए परिपथ की विद्युत धारा को नियंत्रित करने के लिए उपयोग किए जाने वाले अवयव को **परिवर्ती प्रतिरोध** कहते हैं। किसी विद्युत परिपथ में परिपथ के प्रतिरोध को परिवर्तित करने के लिए प्रायः एक युक्ति का उपयोग करते हैं, जिसे **धारा नियंत्रक** कहते हैं। अब हम नीचे दिए गए क्रियाकलाप की सहायता से किसी चालक के विद्युत प्रतिरोध के विषय में अध्ययन करेंगे।

क्रियाकलाप 11.2

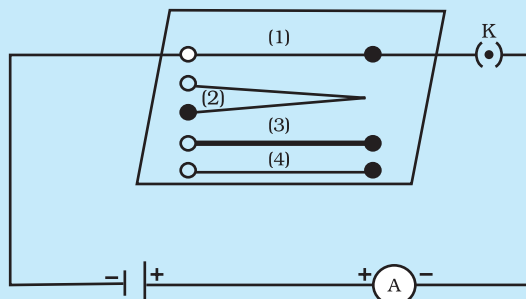
- एक निक्रोम तार, एक टॉर्च बल्ब, एक 10 W का बल्ब तथा एक ऐमीटर (0 – 5 A परिसर), एक प्लग कुंजी तथा कुछ संयोजी तार लीजिए।
- चार शुष्क सेलों (प्रत्येक 1.5 V का) को श्रेणीक्रम में ऐमीटर से संयोजित करके चित्र 11.4 में दिखाए अनुसार परिपथ में एक अंतराल XY छोड़कर एक परिपथ बनाइए।

चित्र 11.4

- अंतराल XY में निक्रोम तार को जोड़कर परिपथ को पूरा कीजिए। कुंजी लगाइए। ऐमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए। प्लग से कुंजी बाहर निकालिए। (ध्यान दीजिए— परिपथ की धारा मापने के पश्चात सदैव ही प्लग से कुंजी बाहर निकालिए।)
- निक्रोम तार के स्थान पर अंतराल XY में टार्च बल्ब को परिपथ में जोड़िए तथा ऐमीटर का पाठ्यांक लेकर बल्ब से प्रवाहित विद्युत धारा मापिए।
- अंतराल XY में विभिन्न अवयवों को जोड़ने पर ऐमीटर के पाठ्यांक भिन्न-भिन्न हैं? उपरोक्त प्रेक्षण क्या संकेत देते हैं?
- आप अंतराल XY में किसी भी पदार्थ का अवयव जोड़कर इस क्रियाकलाप को दोहरा सकते हैं। प्रत्येक स्थिति में ऐमीटर के पाठ्यांक का प्रेक्षण कीजिए। इन प्रेक्षणों का विश्लेषण कीजिए।

इस क्रियाकलाप में हम यह अवलोकन करते हैं कि विभिन्न अवयवों के लिए विद्युत धारा भिन्न है। यह भिन्न क्यों है? कुछ अवयव विद्युत धारा के प्रवाह के लिए सरल पथ प्रदान करते हैं, जबकि अन्य इस प्रवाह का विरोध करते हैं। हम यह जानते हैं कि इलेक्ट्रॉनों की किसी परिपथ में गति के कारण ही परिपथ में कोई विद्युत धारा बनती है। तथापि, चालक के भीतर इलेक्ट्रॉन गति करने के लिए पूर्णतः स्वतंत्र नहीं होते हैं, जिन परमाणुओं के बीच ये गति करते हैं, उन्हीं के आकर्षण द्वारा इनकी गति नियंत्रित हो जाती है। इस प्रकार किसी चालक से होकर इलेक्ट्रॉनों की गति उसके प्रतिरोध द्वारा मंद हो जाती है। एक ही साइज़ के चालकों में वह चालक जिसका प्रतिरोध कम होता है, अधिक अच्छा चालक होता है। वह चालक जो पर्याप्त प्रतिरोध लगाता है, प्रतिरोधक कहलाता है। सर्वसम साइज़ का वह अवयव जो उच्च प्रतिरोध लगाता है, हीन चालक कहलाता है। समान साइज़ का कोई विद्युतरोधी इससे भी अधिक प्रतिरोध लगाता है।

11.5 वह कारक जिन पर किसी चालक का प्रतिरोध निर्भर करता है

क्रियाकलाप 11.3

- एक सेल, एक ऐमीटर, l लंबाई का एक निक्रोम तार [जैसे (1) द्वारा चिह्नित] तथा एक प्लग कुंजी चित्र 11.5 में दिखाए अनुसार जोड़कर एक विद्युत परिपथ पूरा कीजिए।

***चित्र 11.5** उन कारकों जिन पर किसी चालक तार का प्रतिरोध निर्भर करता है, का अध्ययन करने के लिए विद्युत परिपथ*

- अब प्लग में कुंजी लगाइए। ऐमीटर में विद्युत धारा नोट कीजिए।
- इस निक्रोम तार को अन्य निक्रोम तार से प्रतिस्थापित कीजिए, जिसकी मोटाई समान परंतु लंबाई दोगुनी हो, अर्थात 2l लंबाई का तार लीजिए जिसे चित्र 11.5 में (2) से चिह्नित किया गया है।
- ऐमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए।
- अब इस तार को समान लंबाई l के निक्रोम के मोटे तार [(3) से चिह्नित] से प्रतिस्थापित कीजिए। मोटे तार की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल अधिक होता है। परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा फिर नोट कीजिए।
- निक्रोम तार के स्थान पर ताँबे का तार [चित्र 11.5 में जिस पर चिह्न (4) बना है।] परिपथ में जोड़िए। मान लीजिए यह तार निक्रोम के तार जिस पर (1) चिह्नित है, के बराबर लंबा तथा समान अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल का है। विद्युत धारा का मान नोट कीजिए।
- प्रत्येक प्रकरण में विद्युत धारा के मानों में अंतर को ध्यान से देखिए।
- क्या विद्युत धारा चालक की लंबाई पर निर्भर करती है?
- क्या विद्युत धारा उपयोग किए जाने वाले तार के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर निर्भर करती है?

2024-25

यह पाया गया है कि जब तार की लंबाई दोगुनी कर देते हैं तो ऐमीटर का पाठ्यांक आधा हो जाता है। परिपथ में समान पदार्थ तथा समान लंबाई का मोटा तार जोड़ने पर ऐमीटर का पाठ्यांक बढ़ जाता है। ऐमीटर के पाठ्यांक में तब भी अंतर आता है जब परिपथ में भिन्न पदार्थ परंतु समान लंबाई तथा समान अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल के तार को जोड़ते हैं। ओम के नियम [समीकरण (11.5) – (11.7)] को अनुप्रयोग करने पर हम यह पाते हैं कि किसी चालक का प्रतिरोध (i) चालक की लंबाई (ii) उसकी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल तथा (iii) उसके पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है। परिशुद्ध माप यह दर्शाते हैं कि किसी धातु के एकसमान चालक का प्रतिरोध उसकी लंबाई (l) के अनुक्रमानुपाती तथा उसकी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल (A) के व्युत्क्रमानुपाती होता है। अर्थात्

$$R \propto l \qquad (11.8)$$

तथा $$R \propto 1/A \qquad (11.9)$$

समीकरणों (11.8) तथा (11.9) को संयोजित करने पर हमें प्राप्त होता है

$$R \propto \frac{l}{A} \quad \text{अथवा} \quad R = \rho \frac{l}{A} \qquad (11.10)$$

यहाँ ρ (रो) आनुपातिकता स्थिरांक है, जिसे चालक के पदार्थ की वैद्युत प्रतिरोधकता कहते हैं। प्रतिरोधकता का SI मात्रक Ω m है। यह किसी पदार्थ का अभिलाक्षणिक गुणधर्म है। धातुओं तथा मिश्रातुओं की प्रतिरोधकता अत्यंत कम होती है, जिसका परिसर 10^{-8} Ωm से 10^{-6} Ωm है। ये विद्युत की अच्छी चालक हैं। रबड़ तथा काँच जैसे विद्युतरोधी पदार्थों की प्रतिरोधकता 10^{12} से 10^{17} Ω m कोटि की होती है। किसी पदार्थ का प्रतिरोध तथा प्रतिरोधकता दोनों ही ताप में परिवर्तन के साथ परिवर्तित हो जाते हैं।

सारणी 11.2 में हम यह देखते हैं कि व्यापक रूप में मिश्रातुओं की प्रतिरोधकता उनकी अवयवी धातुओं की अपेक्षा अधिक होती है। मिश्रातुओं का उच्च ताप पर शीघ्र ही उपचयन (दहन) नहीं होता। यही कारण है कि मिश्रातुओं का उपयोग विद्युत-इस्तरी, टोस्टर आदि सामान्य वैद्युत तापन युक्तियों के निर्माण में किया जाता है। विद्युत बल्बों के तंतुओं के निर्माण में तो एकमात्र टंगस्टन का ही उपयोग किया जाता है, जबकि कॉपर तथा ऐलुमिनियम का उपयोग विद्युत संचरण के लिए उपयोग होने वाले तारों के निर्माण में किया जाता है।

सारणी 11.2 20 °C पर कुछ पदार्थों की वैद्युत प्रतिरोधकता*

	पदार्थ	प्रतिरोध (Ω m)
चालक	सिल्वर	1.60×10^{-8}
	कॉपर	1.62×10^{-8}
	ऐलुमिनियम	2.63×10^{-8}
	टंगस्टन	5.20×10^{-8}
	निकैल	6.84×10^{-8}
	आयरन	10.0×10^{-8}
	क्रोमियम	12.9×10^{-8}
	मर्करी	94.0×10^{-8}
	मैगनीज़	1.84×10^{-6}

2024-25

मिश्रातुएँ	कांस्टेंटन (Cu तथा Ni की मिश्रातु)	49×10^{-6}
	मैंगनीज़ (Cu, Mn तथा Ni की मिश्रातु)	44×10^{-6}
	निक्रोम (Ni, Cr, Mn तथा Fe की मिश्रातु)	100×10^{-6}
विद्युतरोधी	काँच	$10^{10} - 10^{14}$
	कठोर	$10^{13} - 10^{16}$
	ऐबोनाइट	$10^{15} - 10^{17}$
	डायमंड	$10^{12} - 10^{13}$
	कागज़ (शुष्क)	10^{12}

* *आपको इन मानों को याद करने की कोई आवश्यकता नहीं है। इन मानों का उपयोग आप आंकिक प्रश्नों को हल करने के लिए कर सकते हैं।*

उदाहरण 11.3

(a) यदि किसी विद्युत बल्ब के तंतु का प्रतिरोध 1200 Ω है तो यह बल्ब 220V स्रोत से कितनी विद्युत धारा लेगा? (b) यदि किसी विद्युत हीटर की कुंडली का प्रतिरोध 100 Ω है तो यह विद्युत हीटर 220V स्रोत से कितनी धारा लेगा?

हल

(a) हमें दिया गया है $V = 220\text{V}$; $R = 1200\ \Omega$

समीकरण (11.6) से विद्युत धारा $I = 220\ \text{V}/1200\ \Omega$

$= 0.18\ \text{A}$

(b) हमें दिया गया है $V = 220\ \text{V}$; $R = 100\ \Omega$

समीकरण (11.6) से विद्युत धारा $I = 220\ \text{V}/100\ \Omega$

$= 2.2\ \text{A}$

220 V के समान विद्युत स्रोत से विद्युत बल्ब तथा विद्युत हीटर द्वारा ली जाने वाली विद्युत धाराओं के अंतर पर ध्यान दीजिए!

उदाहरण 11.4

जब कोई विद्युत हीटर विद्युत स्रोत से 4 A विद्युत धारा लेता है तब उसके टर्मिनलों के बीच विभवांतर 60 V है। उस समय विद्युत हीटर कितनी विद्युत धारा लेगा जब विभवांतर को 120 V तक बढ़ा दिया जाएगा?

हल

हमें दिया गया है, विभवांतर $V = 60$ V, विद्युत धारा $I = 4$ A

ओम के नियम के अनुसार, $R = \dfrac{V}{I} = \dfrac{60\ \text{V}}{4\ \text{A}} = 15\ \Omega$

जब विभवांतर बढ़ाकर 120 V किया जाता है, तब

विद्युतधारा $I = \frac{V}{R} = \frac{120\ V}{15\ \Omega} = 8\ A$

अर्थात, तब विद्युत हीटर से प्रवाहित विद्युत धारा का मान 8 A हो जाता है।

उदाहरण 11.5

किसी धातु के 1 m लंबे तार का 20 °C पर वैद्युत प्रतिरोध 26 Ω है। यदि तार का व्यास 0.3 mm है, तो इस ताप पर धातु की वैद्युत प्रतिरोधकता क्या है? सारणी 11.2 का उपयोग करके तार के पदार्थ की भविष्यवाणी कीजिए।

हल

हमें दिया गया है तार का प्रतिरोध $R = 26\ \Omega$,

व्यास $d = 0.3\ mm = 3 \times 10^{-4}\ m$, तथा तार की लंबाई $l = 1\ m$

अतः, समीकरण (11.10) से, दिए गए धातु के तार की वैद्युत प्रतिरोधकता

$\rho = (RA/l) = (R\pi d^2/4l)$

मानों को प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है

$\rho = 1.84 \times 10^{-6}\ \Omega\ m$,

इस प्रकार दिए गए तार की धातु की 20 °C पर वैद्युत प्रतिरोधकता $1.84 \times 10^{-6}\ \Omega\ m$ है। सारणी 11.2 में हम देखते हैं कि मैंगनीज़ की वैद्युत प्रतिरोधकता का मान यही है।

उदाहरण 11.6

दिए गए पदार्थ की किसी l लंबाई तथा A मोटाई के तार का प्रतिरोध 4 Ω है। इसी पदार्थ के किसी अन्य तार का प्रतिरोध क्या होगा जिसकी लंबाई $\frac{l}{2}$ तथा मोटाई 2A है?

हल

प्रथम तार के लिए

$R_1 = \rho \frac{l}{A}$

$= 4\ \Omega$

द्वितीय तार के लिए

$R_2 = \rho \frac{l/2}{2A}$

$= \frac{1}{4} \cdot \rho \frac{l}{A}$

$= \frac{1}{4} R_1$

$= \frac{1}{4} \times 4\Omega$

$= 1\Omega$

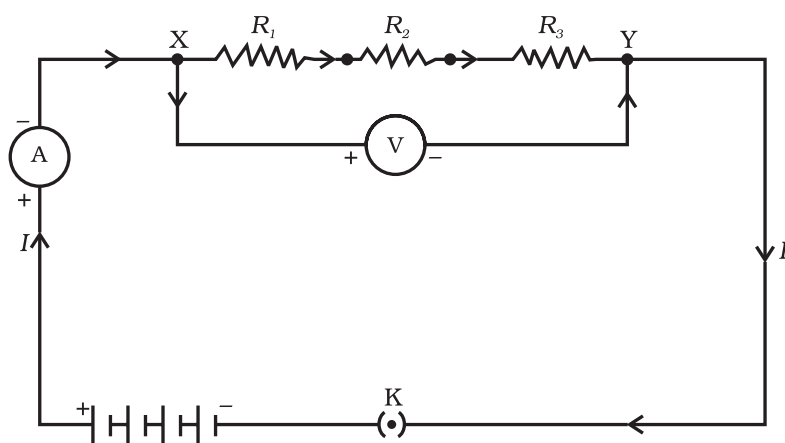
अतः तार का नया प्रतिरोध 1 Ω है।

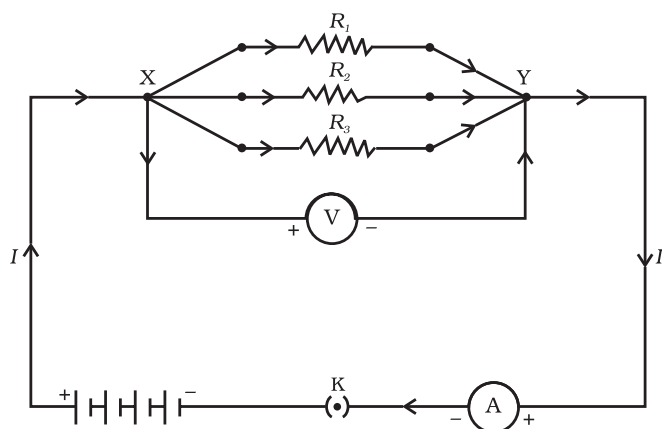
प्रश्न

1. किसी चालक का प्रतिरोध किन कारकों पर निर्भर करता है?
2. समान पदार्थ के दो तारों में यदि एक पतला तथा दूसरा मोटा हो तो इनमें से किसमें विद्युत धारा आसानी से प्रवाहित होगी, जबकि उन्हें समान विद्युत स्रोत से संयोजित किया जाता है? क्यों?
3. मान लीजिए किसी वैद्युत अवयव के दो सिरों के बीच विभवांतर को उसके पूर्व के विभवांतर की तुलना में घटाकर आधा कर देने पर भी उसका प्रतिरोध नियत रहता है। तब उस अवयव से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा में क्या परिवर्तन होगा?
4. विद्युत टोस्टरों तथा विद्युत इस्तरियों के तापन अवयव शुद्ध धातु के न बनाकर किसी मिश्रातु के क्यों बनाए जाते हैं?
5. निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर तालिका 11.2 में दिए गए आँकड़ों के आधार पर दीजिए—
   (a) आयरन (Fe) तथा मर्करी (Hg) में कौन अच्छा विद्युत चालक है?
   (b) कौन-सा पदार्थ सर्वश्रेष्ठ चालक है?

11.6 प्रतिरोधकों के निकाय का प्रतिरोध

पिछले अनुभाग में हमने कुछ सरल विद्युत परिपथों के बारे में सीखा था। हमने यह देखा कि किसी चालक से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा का मान किस प्रकार उसके प्रतिरोध तथा उसके सिरों के बीच विभवांतर पर निर्भर करता है। विविध प्रकार के विद्युत उपकरणों तथा युक्तियों में हम प्रायः प्रतिरोधकों के विविध संयोजन देखते हैं। इसलिए, अब हमें यह विचार करना है कि प्रतिरोधकों के संयोजनों पर ओम के नियम को किस प्रकार अनुप्रयुक्त किया जा सकता है?

प्रतिरोधकों को परस्पर संयोजित करने की दो विधियाँ हैं। चित्र 11.6 में एक विद्युत परिपथ दिखाया गया है, जिसमें R_1, R_2 तथा R_3 प्रतिरोध के तीन प्रतिरोधकों को एक सिरे से दूसरा सिरा मिलाकर जोड़ा गया है। प्रतिरोधकों के इस संयोजन को **श्रेणीक्रम संयोजन** कहा जाता है।

चित्र 11.6 श्रेणीक्रम में संयोजित प्रतिरोधक

चित्र 11.7 में प्रतिरोधकों का एक ऐसा संयोजन दिखाया गया है जिसमें तीन प्रतिरोधक एक साथ बिंदुओं X तथा Y के बीच संयोजित हैं। प्रतिरोधकों के इस प्रकार के संयोजन को **पार्श्वक्रम संयोजन** कहा जाता है।

चित्र 11.7 *पार्श्वक्रम में संयोजित प्रतिरोधक*

11.6.1 श्रेणीक्रम में संयोजित प्रतिरोधक

जब कई प्रतिरोधकों को श्रेणीक्रम में संयोजित करते हैं तो परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा का क्या होता है? उनका तुल्य प्रतिरोध क्या होता है? आइए, इसे निम्नलिखित क्रियाकलापों की सहायता से समझने का प्रयास करते हैं।

क्रियाकलाप 11.4

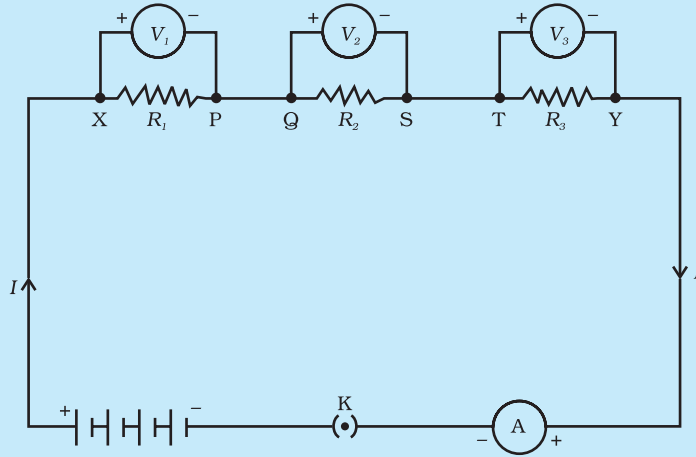
- विभिन्न मानों के तीन प्रतिरोधकों को श्रेणीक्रम में जोड़िए। चित्र 11.6 में दिखाए अनुसार इन्हें एक बैटरी, एक ऐमीटर तथा एक प्लग कुंजी से संयोजित कीजिए। आप 1 Ω, 2 Ω, 3 Ω आदि मानों के प्रतिरोधकों का उपयोग कर सकते हैं तथा इस क्रियाकलाप के लिए 6 V की बैटरी उपयोग में ला सकते हैं।
- कुंजी को प्लग में लगाइए तथा ऐमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए।
- ऐमीटर की स्थिति को दो प्रतिरोधकों के बीच कहीं भी परिवर्तित कर सकते हैं। हर बार ऐमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए।
- क्या आप ऐमीटर के द्वारा विद्युत धारा के मान में कोई अंतर पाते हैं?

आप यह देखेंगे कि ऐमीटर में विद्युत धारा का मान वही रहता है, यह परिपथ में ऐमीटर की स्थिति पर निर्भर नहीं करता है। इसका तात्पर्य यह है कि प्रतिरोधकों के श्रेणीक्रम संयोजन में परिपथ के हर भाग में विद्युत धारा समान होती है अर्थात प्रत्येक प्रतिरोध से समान विद्युत धारा प्रवाहित होती है।

आप यह देखेंगे कि विभवांतर V अन्य तीन विभवांतरों, V_1, V_2 तथा V_3 के योग के बराबर है अर्थात प्रतिरोधक के श्रेणीक्रम संयोजन के सिरों के बीच कुल विभवांतर व्यष्टिगत प्रतिरोधकों के विभवांतरों के योग के बराबर है अर्थात—

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (11.11)$$

क्रियाकलाप 11.5

- क्रियाकलाप 11.4 में चित्र 11.6 में दिखाए अनुसार तीन प्रतिरोधकों के श्रेणीक्रम संयोजन के सिरों X तथा Y के बीच एक वोल्टमीटर लगाइए।

चित्र 11.8

- परिपथ में प्लग में कुंजी लगाइए तथा वोल्टमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए। इससे हमें श्रेणीक्रम संयोजन के सिरों के बीच विभवांतर ज्ञात होता है। मान लीजिए यह V है। अब बैटरी के दोनों टर्मिनलों के बीच विभवांतर नोट कीजिए। इन दोनों मानों की तुलना कीजिए।
- प्लग से कुंजी निकालिए तथा वोल्टमीटर को भी परिपथ से हटा दीजिए। अब वोल्टमीटर को चित्र 11.8 में दिखाए अनुसार पहले प्रतिरोधक के सिरों X तथा P के बीच जोड़िए।
- प्लग में कुंजी लगाइए तथा पहले प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर मापिए। मान लीजिए यह V_1 है।
- इसी प्रकार अन्य दो प्रतिरोधकों के सिरों के बीच पृथक-पृथक विभवांतर मापिए। मान लीजिए ये मान क्रमशः V_2 तथा V_3 हैं।
- V, V_1, V_2 तथा V_3 के बीच संबंध व्युत्पन्न कीजिए।

मान लीजिए, चित्र 11.8 विद्युत में दर्शाए गए परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा I है। तब प्रत्येक प्रतिरोधक से प्रवाहित विद्युत धारा भी I है। श्रेणीक्रम में जुड़े इन तीनों प्रतिरोधकों को एक ऐसे तुल्य एकल प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R है, के द्वारा प्रतिस्थापित करना संभव है, जिसे परिपथ में जोड़ने पर इसके सिरों पर प्रतिरोध V तथा परिपथ में प्रवाहित धारा I वही रहती है। समस्त परिपथ पर ओम का नियम अनुप्रयुक्त करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$V = I R \tag{11.12}$$

तीनों प्रतिरोधकों पर पृथक-पृथक ओम का नियम अनुप्रयुक्त करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$V_1 = I R_1 \qquad [11.13(a)]$$

$$V_2 = I R_2 \qquad [11.13(b)]$$

तथा $$V_3 = I R_3 \qquad [11.13(c)]$$

समीकरण (11.11) से

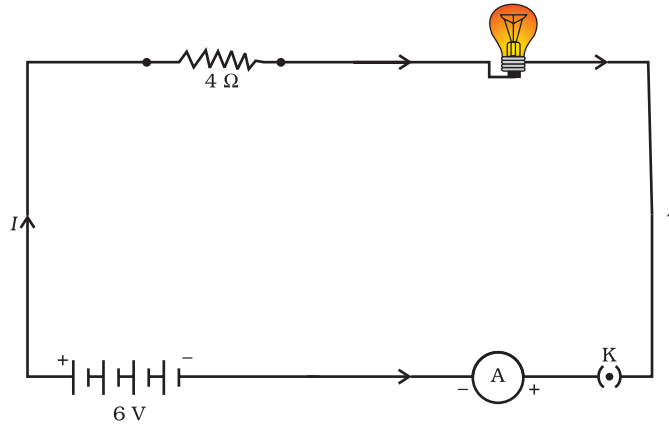
$$I R = I R_1 + I R_2 + I R_3$$

अथवा

$$Rs = R_1 + R_2 + R_3 \quad (11.14)$$

इस प्रकार हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि जब बहुत से प्रतिरोधक श्रेणीक्रम में संयोजित होते हैं तो संयोजन का कुल प्रतिरोध R_1, R_2, R_3 के योग के बराबर होता है और इस प्रकार संयोजन का प्रतिरोध किसी भी व्यष्टिगत प्रतिरोधक के प्रतिरोध से अधिक होता है।

उदाहरण 11.7

एक विद्युत लैम्प जिसका प्रतिरोध 20 है, तथा एक 4 Ω प्रतिरोध का चालक 6 V की बैटरी से चित्र 11.9 में दिखाए अनुसार संयोजित हैं। (a) परिपथ का कुल प्रतिरोध, (b) परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा तथा (c) विद्युत लैम्प तथा चालक के सिरों के बीच विभवांतर परिकलित कीजिए।

चित्र 11.9 6V की बैटरी से श्रेणीक्रम में संयोजित एक विद्युत लैम्प तथा 4Ω का एक प्रतिरोधक

हल

विद्युत लैम्प का प्रतिरोध $R_1 = 20\ \Omega$

श्रेणीक्रम में संयोजित चालक का प्रतिरोध $R_2 = 4\ \Omega$

तब, परिपथ में कुल प्रतिरोध

$R = R_1 + R_2$

$R_s = 20\ \Omega + 4\ \Omega = 24\ \Omega$

बैटरी के दो टर्मिनलों के बीच कुल विभवांतर

$V = 6\ V$

अब, ओम के नियम के अनुसार परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा

$I = V/R_s$

$= 6\ V/24\ \Omega$

$= 0.25$ A

विद्युत लैम्प तथा चालक पर ओम का नियम पृथक-पृथक अनुप्रयुक्त करने पर हमें विद्युत लैम्प के सिरों के बीच विभवांतर प्राप्त होता है—

$V_1 = 20\ \Omega \times 0.25\ A$

$= 5\ V;$

तथा, चालक के सिरों के बीच विभवांतर प्राप्त होता है—

$V_2 = 4\ \Omega \times 0.25\ A = 1\ V$

अब मान लीजिए हम विद्युत लैम्प तथा चालक के श्रेणीक्रम संयोजन को किसी एकल तथा तुल्य प्रतिरोधक से प्रतिस्थापित करना चाहते हैं। इस तुल्य प्रतिरोधक का प्रतिरोध इतना होना चाहिए कि इसे 6 V बैटरी के दो टर्मिनलों से संयोजित करने पर परिपथ में 0.25 A विद्युत धारा प्रवाहित हो। तब इस तुल्य प्रतिरोधक का प्रतिरोध R होगा—

$R = V/I$

$= 6\ V/\ 0.25\ A$

$= 24\ \Omega$

यह श्रेणीक्रम परिपथ का कुल प्रतिरोध है; यह दोनों प्रतिरोधों के योग के बराबर है।

प्रश्न

1. किसी विद्युत परिपथ का व्यवस्था आरेख खींचिए, जिसमें 2 V के तीन सेलों की बैटरी, एक 5 Ω प्रतिरोधक, एक 8 Ω प्रतिरोधक, एक 12 Ω प्रतिरोधक तथा एक प्लग कुंजी सभी श्रेणीक्रम में संयोजित हों।
2. प्रश्न 1 का परिपथ दुबारा खींचिए तथा इसमें प्रतिरोधकों से प्रवाहित विद्युत धारा को मापने के लिए ऐमीटर तथा 12 Ω के प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर मापने के लिए वोल्टमीटर लगाइए। ऐमीटर तथा वोल्टमीटर के क्या पाठ्यांक होंगे?

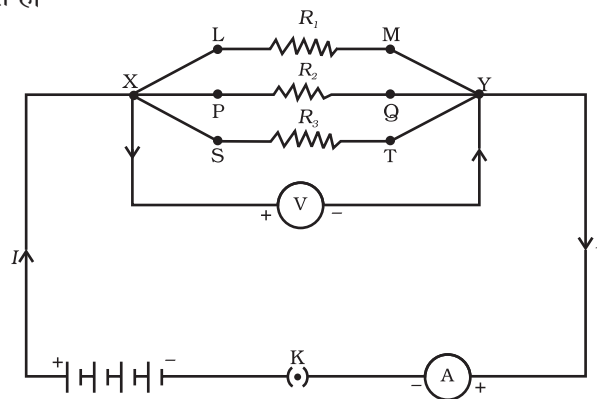
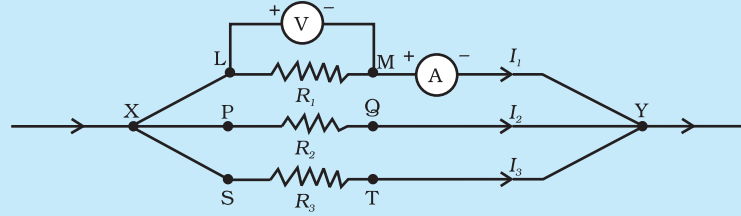
11.6.2 पार्श्वक्रम में संयोजित प्रतिरोधक

आइए अब चित्र 11.7 में दिखाए अनुसार, जोड़े गये सेलों के एक संयोजन (अथवा बैटरी) से पार्श्वक्रम में संयोजित तीन प्रतिरोधकों की व्यवस्था पर विचार करते हैं।

क्रियाकलाप 11.6

- तीन प्रतिरोधकों जिनके प्रतिरोध क्रमशः R_1, R_2 तथा R_3 हैं, का पार्श्व संयोजन XY बनाइए। चित्र 11.10 में दिखाए अनुसार इस संयोजन को एक बैटरी, एक प्लग कुंजी तथा एक ऐमीटर से संयोजित कीजिए। प्रतिरोधकों के संयोजन के पार्श्वक्रम में एक वोल्टमीटर भी संयोजित कीजिए।

चित्र 11.10

2024-25

- प्लग में कुंजी लगाइए तथा ऐमीटर का पाठ्यांक नोट कीजिए। मान लीजिए विद्युत धारा का मान I है। वोल्टमीटर का पाठ्यांक भी नोट कीजिए। इससे पार्श्व संयोजन के सिरों के बीच विभवांतर V प्राप्त होता है। प्रत्येक प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर भी V है। इसकी जाँच प्रत्येक प्रतिरोधक के सिरों पर पृथक-पृथक वोल्टमीटर संयोजित करके की जा सकती है। (चित्र 11.11 देखिए)

चित्र 11.11

- कुंजी से प्लग बाहर निकालिए। परिपथ से ऐमीटर तथा वोल्टमीटर निकाल लीजिए। चित्र 11.11 में दिखाए अनुसार ऐमीटर को प्रतिरोध R_1 से श्रेणीक्रम में संयोजित कीजिए। ऐमीटर का पाठ्यांक I_1 नोट कीजिए।
- इसी प्रकार, R_1 एवं R_2 में प्रवाहित होने वाली धारा भी मापिए। माना इनका मान क्रमशः I_1 एवं I_2 है। I, I_1, I_2 एवं I_3 में क्या संबंध है?

यह पाया जाता है कि कुल विद्युत धारा I, संयोजन की प्रत्येक शाखा में प्रवाहित होने वाली पृथक धाराओं के योग के बराबर है।

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \tag{11.15}$$

मान लीजिए प्रतिरोधकों के पार्श्व संयोजन का तुल्य प्रतिरोध R_p है। प्रतिरोधकों के पार्श्व संयोजन पर ओम का नियम लागू करने पर हमें प्राप्त होता है

$$I = V/R_p \tag{11.16}$$

प्रत्येक प्रतिरोधक पर ओम का नियम लागू करने पर हमें प्राप्त होता है

$$I_1 = V/R_1; \quad I_2 = V/R_2; \text{ और } I_3 = V/R_3 \tag{11.17}$$

समीकरणों (11.15) तथा (11.17) से हमें प्राप्त होता है

$$V/R_p = V/R_1 + V/R_2 + V/R_3$$

अथवा

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \tag{11.18}$$

इस प्रकार हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि पार्श्वक्रम से संयोजित प्रतिरोधों के समूह के तुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम पृथक प्रतिरोधों के व्युत्क्रमों के योग के बराबर होता है।

उदाहरण 11.8

चित्र 11.10 के परिपथ आरेख में मान लीजिए प्रतिरोधकों R_1, R_2 तथा R_3 के मान क्रमशः 5 Ω, 10 Ω, 30 Ω हैं तथा इन्हें 12 V की बैटरी से संयोजित किया गया है। (a) प्रत्येक

प्रतिरोधक से प्रवाहित विद्युत धारा (b) परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा तथा (c) परिपथ का कुल प्रतिरोध परिकलित कीजिए।

हल

$R_1 = 5\ \Omega,\ R_2 = 10\ \Omega$, तथा $R_3 = 30\ \Omega$

बैटरी के सिरों पर विभवांतर, V = 12 V

प्रत्येक व्यष्टिगत प्रतिरोधक के सिरों पर भी विभवांतर इतना ही है, अतः प्रतिरोधकों से प्रवाहित विद्युत धारा का परिकलन करने के लिए हम ओम के नियम का उपयोग करते हैं।

R_1 से प्रवाहित विद्युत धारा $I_1 = V/R_1$

$I_1 = 12\ \text{V}/5\ \Omega = 2.4\ \text{A}$

R_2 से प्रवाहित विद्युत धारा $I_2 = V/R_2$

$I_2 = 12\ \text{V}/10\ \Omega = 1.2\ \text{A}$

R_3 से प्रवाहित विद्युत धारा $I_3 = V/R_3$

$I_3 = 12\ \text{V}/30\ \Omega = 0.4\ \text{A}$

परिपथ से प्रवाहित कुल धारा

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = (2.4 + 1.2 + 0.4)\ \text{A} = 4\ \text{A}$$

समीकरण (12.18) से कुल प्रतिरोध R_p, का मान इस प्रकार प्राप्त किया जा सकता है—

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{1}{3}$$

इस प्रकार $R_p = 3\ \Omega$

उदाहरण 11.9

चित्र 11.12, में $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 40\ \Omega$, $R_3 = 30\ \Omega$, $R_4 = 20\ \Omega$, $R_5 = 60\ \Omega$, है तथा प्रतिरोधकों के इस विन्यास को 12 V से संयोजित किया जाता है। (a) परिपथ में कुल प्रतिरोध तथा (b) परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा परिकलित कीजिए।

चित्र 11.12
श्रेणीक्रम तथा पार्श्वक्रम में संयोजित प्रतिरोधकों के संयोजन को दर्शाता विद्युत परिपथ

हल

मान लीजिए इन पार्श्वक्रम में संयोजित दो प्रतिरोधकों R_1 तथा R_2 को किसी तुल्य प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R'. है, द्वारा प्रतिस्थापित करते हैं। इस प्रकार हम पार्श्वक्रम में संयोजित तीन प्रतिरोधकों R_3, R_4 तथा R_5 को किसी अन्य तुल्य प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R'' द्वारा प्रतिस्थापित करते हैं। तब समीकरण (11.19) का उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है

$1/R' = 1/10 + 1/40 = 5/40$; अर्थात $R' = 8\ \Omega$

इसी प्रकार $1/R'' = 1/30 + 1/20 + 1/60 = 6/60$;

अर्थात $R'' = 10\ \Omega$

इस प्रकार, कुल प्रतिरोध, $R = R' + R'' = 18\ \Omega$

विद्युत धारा का मान परिकलित करने के लिए ओम का नियम उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है—

$I = V/R = 12\ \text{V}/18\ \Omega = 0.67\ \text{A}$

हमने देखा है कि किसी श्रेणीबद्ध विद्युत परिपथ में शुरू से अंत तक विद्युत धारा नियत रहती है। इस प्रकार स्पष्ट रूप से यह व्यावहारिक नहीं है कि हम किसी विद्युत परिपथ में विद्युत बल्ब तथा विद्युत हीटर को श्रेणीक्रम में संयोजित करें। इसका कारण यह है कि इन्हें उचित प्रकार से कार्य करने के लिए अत्यधिक भिन्न मानों की विद्युत धाराओं की आवश्यकता होती है। (उदाहरण 11.3 देखिए।) श्रेणीबद्ध परिपथ से एक प्रमुख हानि यह होती है कि जब परिपथ का एक अवयव कार्य करना बंद कर देता है तो परिपथ टूट जाता है और परिपथ का अन्य कोई अवयव कार्य नहीं कर पाता। यदि आपने त्यौहारों, विवाहोत्सवों आदि पर भवनों की सजावट में बल्बों की सजावटी लड़ियों का उपयोग होते देखा है तो आपने बिजली-मिस्त्री को परिपथ में खराबी वाले स्थान को ढूँढने में काफी समय खर्च करते हुए यह देखा होगा कि कैसे वह फ़्यूज बल्बों को ढूँढने में सभी बल्बों की जाँच करता है, खराब बल्बों को बदलता है। इसके विपरीत पार्श्वक्रम परिपथ में विद्युत धारा विभिन्न वैद्युत साधित्रों में विभाजित हो जाती है। पार्श्व परिपथ में कुल प्रतिरोध समीकरण (11.18) के अनुसार घटता है। यह विशेष रूप से तब अधिक सहायक होता है, जब साधित्रों के प्रतिरोध भिन्न-भिन्न होते हैं तथा उन्हें उचित रूप से कार्य करने के लिए भिन्न विद्युत धारा की आवश्यकता होती है।

प्रश्न

1. जब (a) $1\ \Omega$ तथा $10^6\ \Omega$ (b) $1\ \Omega$, $103\ \Omega$ तथा $10^6\ \Omega$ के प्रतिरोध पार्श्वक्रम में संयोजित किए जाते हैं तो इनके तुल्य प्रतिरोध के संबंध में आप क्या निर्णय करेंगे।
2. $100\ \Omega$ का एक विद्युत लैम्प, $50\ \Omega$ का एक विद्युत टोस्टर तथा $500\ \Omega$ का एक जल फिल्टर 220 V के विद्युत स्रोत से पार्श्वक्रम में संयोजित हैं। उस विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध क्या है, जिसे यदि समान स्रोत के साथ संयोजित कर दें तो वह उतनी ही विद्युत धारा लेती है जितनी तीनों युक्तियाँ लेती हैं। यह भी ज्ञात कीजिए कि इस विद्युत इस्तरी से कितनी विद्युत धारा प्रवाहित होती है?
3. श्रेणीक्रम में संयोजित करने के स्थान पर वैद्युत युक्तियों को पार्श्वक्रम में संयोजित करने के क्या लाभ हैं?
4. $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ तथा $6\ \Omega$ के तीन प्रतिरोधकों को किस प्रकार संयोजित करेंगे कि संयोजन का कुल प्रतिरोध (a) $4\ \Omega$, (b) $1\ \Omega$ हो?
5. $4\ \Omega$, $8\ \Omega$, $12\ \Omega$ तथा $24\ \Omega$ प्रतिरोध की चार कुंडलियों को किस प्रकार संयोजित करें कि संयोजन से (a) अधिकतम (b) निम्नतम प्रतिरोध प्राप्त हो सके?

11.7 विद्युत धारा का तापीय प्रभाव

हम जानते हैं कि बैटरी अथवा सेल विद्युत ऊर्जा के स्रोत हैं। सेल के भीतर होने वाली रासायनिक अभिक्रिया सेल के दो टर्मिनलों के बीच विभवांतर उत्पन्न करती है, जो बैटरी से संयोजित किसी प्रतिरोधक अथवा प्रतिरोधकों के किसी निकाय में विद्युत धारा प्रवाहित करने के लिए इलेक्ट्रॉनों में गति स्थापित करता है। हमने अनुभाग 11.2 में यह अध्ययन किया है कि परिपथ में विद्युत धारा बनाए रखने के लिए स्रोत को अपनी ऊर्जा खर्च करते रहना पड़ता है। यह ऊर्जा कहाँ चली जाती है? विद्युत धारा बनाए रखने में, खर्च हुई स्रोत की ऊर्जा का कुछ भाग उपयोगी कार्य करने (जैसे पंखे की पंखुड़ियों को घुमाना) में उपयोग हो जाता है। स्रोत की ऊर्जा का शेष भाग उस ऊष्मा को उत्पन्न करने में खर्च होता है, जो साधित्रों के ताप में वृद्धि करती है। इसका प्रेक्षण प्रायः हम अपने दैनिक जीवन में करते हैं, उदाहरण के लिए— हम किसी विद्युत पंखे को निरंतर काफी समय तक चलाते हैं तो वह गर्म हो जाता है। इसके विपरीत यदि विद्युत परिपथ विशुद्ध रूप से प्रतिरोधक है, अर्थात बैटरी से केवल प्रतिरोधकों का एक समूह ही संयोजित है तो स्रोत की ऊर्जा निरंतर पूर्ण रूप से ऊष्मा के रूप में क्षयित होती रहती है। इसे विद्युत धारा का तापीय प्रभाव कहते हैं। इस प्रभाव का उपयोग विद्युत हीटर, विद्युत इस्तरी जैसी युक्तियों में किया जाता है।

प्रतिरोध R के किसी प्रतिरोधक पर विचार कीजिए, जिससे विद्युत धारा I प्रवाहित हो रही है। मान लीजिए इसके सिरों के बीच विभवांतर V (चित्र 11.13) है। मान लीजिए इससे समय t में Q आवेश प्रवाहित होता है। Q आवेश विभवांतर V से प्रवाहित होने में किया गया कार्य VQ है। अतः स्रोत को समय t में VQ ऊर्जा की आपूर्ति करनी चाहिए। अतः स्रोत द्वारा परिपथ में निवेशित शक्ति

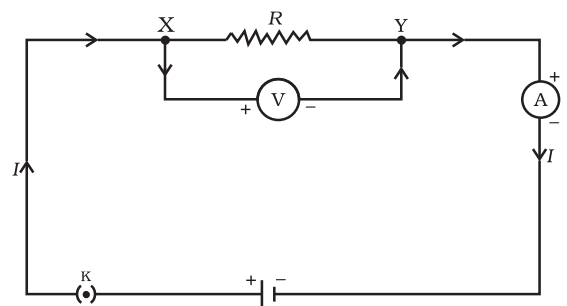
$$P = V\frac{Q}{t} = VI \qquad (11.19)$$

अर्थात समय t में स्रोत द्वारा परिपथ को प्रदान की गई ऊर्जा $P \times t$ है, जो VIt के बराबर है। स्रोत द्वारा खर्च की जाने वाली इस ऊर्जा का क्या होता है? यह ऊर्जा ऊष्मा के रूप में प्रतिरोधक में क्षयित हो जाती है। इस प्रकार किसी स्थायी विद्युत धारा I द्वारा समय t में उत्पन्न ऊष्मा की मात्रा

$$H = VIt \qquad (11.20)$$

ओम का नियम [समीकरण (11.5)] लागू करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$H = I^2 Rt \qquad (11.21)$$

इसे जूल का तापन नियम कहते हैं। इस नियम से यह स्पष्ट है कि किसी प्रतिरोधक में उत्पन्न होने वाली ऊष्मा (i) दिए गए प्रतिरोधक में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा के वर्ग के अनुक्रमानुपाती, (ii) दी गई विद्युत धारा के लिए प्रतिरोध के अनुक्रमानुपाती तथा (iii) उस समय के अनुक्रमानुपाती होती है, जिसके लिए दिए गए प्रतिरोध से विद्युत धारा प्रवाहित होती है। व्यावहारिक परिस्थितियों में जब एक वैद्युत साधित्र को किसी ज्ञात वोल्टता स्रोत से संयोजित करते हैं तो संबंध $I = V/R$ के द्वारा उस साधित्र से प्रवाहित विद्युत धारा परिकलित करने के पश्चात समीकरण (11.21) का उपयोग करते हैं।

चित्र 11.13
विशुद्ध प्रतिरोधक विद्युत परिपथ में अपरिवर्तनशील विद्युत धारा

उदाहरण 11.10

किसी विद्युत इस्तरी में अधिकतम तापन दर के लिए 840 W की दर से ऊर्जा उपभुक्त होती है तथा 360 W की दर से उस समय उपभुक्त होती है, जब तापन की दर निम्नतम है। यदि विद्युत स्रोत की वोल्टता 220 V है तो दोनों प्रकरणों में विद्युत धारा तथा प्रतिरोध के मान परिकलित कीजिए।

हल

समीकरण (11.19) से हम यह जानते हैं कि निवेशी शक्ति

$P = V I$

इस प्रकार विद्युत धारा $I = P/V$

(a) जब तापन की दर अधिकतम है, तब

I = 840 W/220 V = 3.82 A;

तथा विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध

$R = V/I$ = 220 V/3.82 A = 57.60 Ω

(b) जब तापन की दर निम्नतम है, तब

I = 360 W/220 V = 1.64 A;

तथा विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध

$R = V/I$ = 220 V/1.64 A = 134.15 Ω

उदाहरण 11.11

किसी 4 Ω प्रतिरोधक से प्रति सेकंड 100 J ऊष्मा उत्पन्न हो रही है। प्रतिरोधक के सिरों पर विभवांतर ज्ञात कीजिए।

हल

H = 100 J, R = 4 Ω, t = 1 s, V = ?

समीकरण (11.21) से हमें प्रतिरोध से प्रवाहित विद्युत धारा i प्राप्त होती है

$I = \sqrt{(H/Rt)}$

$= \sqrt{[100 \text{ J}/(4\ \Omega \times 1 \text{ s})]}$

$= 5$ A

समीकरण (11.5) से प्रतिरोधक के सिरों पर विभवांतर V प्राप्त होता है

$V = IR$

$= 5 \text{ A} \times 4\ \Omega$

$= 20$ V

प्रश्न

1. किसी विद्युत हीटर की डोरी क्यों उत्तप्त नहीं होती, जबकि उसका तापन अवयव उत्तप्त हो जाता है?
2. एक घंटे में 50 W विभवांतर से 96000 कूलॉम आवेश को स्थानांतरित करने में उत्पन्न ऊष्मा परिकलित कीजिए।

3. 20 Ω प्रतिरोध की कोई विद्युत इस्तरी 5 A विद्युत धारा लेती है। 30 s में उत्पन्न ऊष्मा परिकलित कीजिए।

11.7.1 विद्युत धारा के तापीय प्रभाव के व्यावहारिक अनुप्रयोग

किसी चालक में ऊष्मा उत्पन्न होना विद्युत धारा का अवश्यंभावी परिणाम है। बहुत-सी स्थितियों में यह अवांछनीय होता है, क्योंकि वह उपयोगी विद्युत ऊर्जा को ऊष्मा में रूपांतरित कर देता है। विद्युत परिपथों में अपरिहार्य तापन, परिपथ के अवयवों के ताप में वृद्धि कर सकता है, जिससे उनके गुणों में परिवर्तन हो सकता है। विद्युत इस्तरी, विद्युत टोस्टर, विद्युत तंदूर, विद्युत केतली तथा विद्युत हीटर जूल के तापन पर आधारित कुछ सुपरिचित युक्तियाँ हैं।

विद्युत तापन का उपयोग प्रकाश उत्पन्न करने में भी होता है, जैसा कि हम विद्युत बल्ब में देखते हैं। यहाँ पर बल्ब के तंतु को उत्पन्न ऊष्मा को जितना संभव हो सके रोके रखना चाहिए ताकि वह अत्यंत तप्त होकर प्रकाश उत्पन्न करे। इसे इतने उच्च ताप पर पिघलना नहीं चाहिए। बल्ब के तंतुओं को बनाने के लिए टंगस्टन (गलनांक 3380 °C) का उपयोग किया जाता है, जो उच्च गलनांक की एक प्रबल धातु है। विद्युतरोधी टेक का उपयोग करके तंतु को यथासंभव ताप विलगित बनाना चाहिए। प्रायः बल्बों में रासायनिक दृष्टि से अक्रिय नाइट्रोजन तथा आर्गन गैस भरी जाती है, जिससे उसके तंतु की आयु में वृद्धि हो जाती है। तंतु द्वारा उपभुक्त ऊर्जा का अधिकांश भाग ऊष्मा के रूप में प्रकट होता है, परंतु इसका एक अल्प भाग विकरित प्रकाश के रूप में भी दृष्टिगोचर होता है।

जूल तापन का एक और सामान्य उपयोग विद्युत परिपथों में उपयोग होने वाला फ्यूज़ है। यह परिपथों तथा साधित्रों की सुरक्षा, किसी भी अनावश्यक रूप से उच्च विद्युत धारा को उनसे प्रवाहित न होने देकर, करता है। फ्यूज़ को युक्ति के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित करते हैं। फ्यूज़ किसी ऐसी धातु अथवा मिश्रातु के तार का टुकड़ा होता है, जिसका उचित गलनांक हो, उदाहरण के लिए— ऐलुमिनियम, कॉपर, आयरन, लैड आदि। यदि परिपथ में किसी निर्दिष्ट मान से अधिक मान की विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो फ्यूज़ तार के ताप में वृद्धि होती है। इससे फ्यूज़ तार पिघल जाता है और परिपथ टूट जाता है। फ्यूज़ तार प्रायः धातु के सिरे वाले पोर्सेलेन अथवा इसी प्रकार के विद्युतरोधी पदार्थ के कार्ट्रिज में रखा जाता है। घरेलू परिपथों में उपयोग होने वाली फ्यूज़ की अनुमत विद्युत धारा 1 A, 2 A, 3 A, 5 A, 10 A आदि होती है। उस विद्युत इस्तरी के परिपथ में जो 1 kW की विद्युत शक्ति उस समय उपभुक्त करती है, जब उसे 220 V पर प्रचालित करते हैं, 1000 W/220 V = 4.54 A की विद्युत धारा प्रवाहित होती है। इस प्रकरण में 5 A अनुमतांक का फ्यूज़ उपयोग किया जाना चाहिए।

11.8 विद्युत शक्ति

आपने अपनी पिछली कक्षाओं में यह अध्ययन किया था कि कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। ऊर्जा के उपभुक्त होने की दर को भी शक्ति कहते हैं।

समीकरण (11.21) से हमें किसी विद्युत परिपथ में उपभुक्त अथवा क्षयित विद्युत ऊर्जा की दर प्राप्त होती है। इसे विद्युत शक्ति भी कहते हैं। शक्ति P को इस प्रकार व्यक्त करते हैं—

$$P = VI$$

अथवा $$P = I^2R = V^2/R \quad (11.22)$$

विद्युत शक्ति का SI मात्रक वाट (W) है। यह उस युक्ति द्वारा उपभुक्त शक्ति है, जिससे उस समय 1 A विद्युत धारा प्रवाहित होती है, जब उसे 1 V विभवांतर पर प्रचालित कराया जाता है। इस प्रकार—

1 W = 1 वोल्ट × 1 ऐम्पियर = 1 V A (11.23)

'वाट' शक्ति का छोटा मात्रक है। अतः वास्तविक व्यवहार में हम इसके काफी बड़े मात्रक (किलोवाट) का उपयोग करते हैं। एक किलोवाट, 1000 वाट के बराबर होता है। चूँकि विद्युत ऊर्जा शक्ति तथा समय का गुणनफल होती है इसलिए विद्युत ऊर्जा का मात्रक वाट घंटा (W h) है। जब एक वाट शक्ति का उपयोग 1 घंटे तक होता है तो उपभुक्त ऊर्जा एक वाट घंटा होती है। विद्युत ऊर्जा का व्यापारिक मात्रक किलोवाट घंटा (kW h) है, जिसे सामान्य बोलचाल में 'यूनिट' कहते हैं।

1 kW h = 1000 वाट × 3600 सेकंड
= 3.6×10^6 वाट सेकंड
= 3.6×10^6 जूल (J)

यह भी जानिए!

बहुत से लोग यह सोचते हैं कि किसी विद्युत परिपथ में इलेक्ट्रॉन उपभुक्त होते हैं। यह गलत है! हम विद्युत बोर्ड अथवा विद्युत कंपनी को विद्युत बल्ब, विद्युत पंखे तथा इंजन आदि जैसे विद्युत साधित्रों से इलेक्ट्रॉनों को गति देने के लिए प्रदान की जाने वाली विद्युत ऊर्जा का भुगतान करते हैं। हम अपने द्वारा उपभुक्त ऊर्जा के लिए भुगतान करते हैं।

उदाहरण 11.12

कोई विद्युत बल्ब 220 V के जनित्र से संयोजित है। यदि बल्ब से 0.50 A विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो बल्ब की शक्ति क्या है?

हल

$P = VI$
= 220 V × 0.50 A
= 110 J/s
= 110 W

उदाहरण 11.13

400 W अनुमत का कोई विद्युत रेफ्रिजरेटर 8 घंटे/दिन चलाया जाता है। 3.00 रुपये प्रति kW h की दर से इसे 30 दिन तक चलाने के लिए ऊर्जा का मूल्य क्या है?

हल

30 दिन में रेफ्रिजरेटर द्वारा उपभुक्त कुल ऊर्जा

400 W × 8.0 घंटे/दिन × 30 दिन = 96000 W h

= 96 kW h

इस प्रकार 30 दिन तक रेफ्रिजरेटर को चलाने में उपभुक्त कुल ऊर्जा का मूल्य

96 kW h × 3.00 kW h रुपये = 288.00 रुपये

प्रश्न

1. विद्युत धारा द्वारा प्रदत्त ऊर्जा की दर का निर्धारण कैसे किया जाता है?
2. कोई विद्युत मोटर 220 V के विद्युत स्रोत से 5.0 A विद्युत धारा लेता है। मोटर की शक्ति निर्धारित कीजिए तथा 2 घंटे में मोटर द्वारा उपभुक्त ऊर्जा परिकलित कीजिए।

आपने क्या सीखा

- किसी चालक में गतिशील इलेक्ट्रॉनों की धारा विद्युत धारा की रचना करती है। परिपाटी के अनुसार इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह की दिशा के विपरीत दिशा को विद्युत धारा की दिशा माना जाता है।
- विद्युत धारा का SI मात्रक ऐम्पियर (A) है।
- किसी विद्युत परिपथ में इलेक्ट्रॉनों को गति प्रदान करने के लिए हम किसी सेल अथवा बैटरी का उपयोग करते हैं। सेल अपने सिरों के बीच विभवांतर उत्पन्न करता है। इस विभवांतर को वोल्ट (V) में मापते हैं।
- प्रतिरोध एक ऐसा गुणधर्म है, जो किसी चालक में इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह का विरोध करता है। यह विद्युत धारा के परिमाण को नियंत्रित करता है। प्रतिरोध का SI मात्रक ओम (Ω) है।
- **ओम का नियम**— किसी प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर उसमें प्रवाहित विद्युत धारा के अनुक्रमानुपाती होता है, परंतु एक शर्त यह है कि प्रतिरोधक का ताप समान रहना चाहिए।
- किसी चालक का प्रतिरोध उसकी लंबाई पर सीधे उसकी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर प्रतिलोमतः निर्भर करता है और उस पदार्थ की प्रकृति पर भी निर्भर करता है, जिससे वह बना है।
- श्रेणीक्रम में संयोजित बहुत से प्रतिरोधकों का तुल्य प्रतिरोध उनके व्यष्टिगत प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है।
- पार्श्वक्रम में संयोजित प्रतिरोधकों के समुच्चय का तुल्य प्रतिरोध R_p निम्नलिखित संबंध द्वारा व्यक्त किया जाता है—

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$$

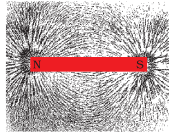
- किसी प्रतिरोधक में क्षयित अथवा उपभुक्त ऊर्जा को इस प्रकार व्यक्त किया जाता है—
  $W = V \times I \times T$
- विद्युत शक्ति का मात्रक वाट (W) है। जब 1 A विद्युत धारा 1 V विभवांतर पर प्रवाहित होती है तो परिपथ में उपभुक्त शक्ति 1 वाट होती है।
- विद्युत ऊर्जा का व्यापारिक मात्रक किलोवाट घंटा (kW h) है—
  $1 \text{ kW h} = 3,600,000 \text{ J} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

अभ्यास

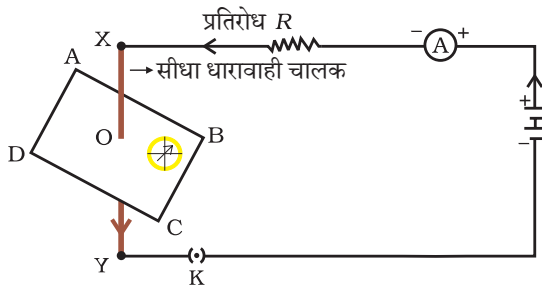
1. प्रतिरोध R के किसी तार के टुकड़े को पाँच बराबर भागों में काटा जाता है। इन टुकड़ों को फिर पार्श्वक्रम में संयोजित कर देते हैं। यदि संयोजन का तुल्य प्रतिरोध R' है तो R/R' अनुपात का मान क्या है—
   (a) 1/25 (b) 1/5 (c) 5 (d) 25
2. निम्नलिखित में से कौन-सा पद विद्युत परिपथ में विद्युत शक्ति को निरूपित नहीं करता?
   (a) I^2R (b) IR^2 (c) VI (d) V^2/R
3. किसी विद्युत बल्ब का अनुमंताक 220 V; 100 W है। जब इसे 110 V पर प्रचालित करते हैं तब इसके द्वारा उपभुक्त शक्ति कितनी होती है?
   (a) 100 W (b) 75 W (c) 50 W (d) 25 W
4. दो चालक तार जिनके पदार्थ, लंबाई तथा व्यास समान हैं, किसी विद्युत परिपथ में पहले श्रेणीक्रम में और फिर पार्श्वक्रम में संयोजित किए जाते हैं। श्रेणीक्रम तथा पार्श्वक्रम संयोजन में उत्पन्न ऊष्माओं का अनुपात क्या होगा?
   (a) 1:2 (b) 2:1 (c) 1:4 (d) 4:1
5. किसी विद्युत परिपथ में दो बिंदुओं के बीच विभवांतर मापने के लिए वोल्टमीटर को किस प्रकार संयोजित किया जाता है?
6. किसी ताँबे के तार का व्यास 0.5 mm तथा प्रतिरोधकता $1.6 \times 10^{-8}\ \Omega$ m है। 10 Ω प्रतिरोध का प्रतिरोधक बनाने के लिए कितने लंबे तार की आवश्यकता होगी? यदि इससे दोगुने व्यास का तार लें तो प्रतिरोध में क्या अंतर आएगा?
7. किसी प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर V के विभिन्न मानों के लिए उससे प्रवाहित विद्युत धाराओं I के संगत मान आगे दिए गए हैं—

I (ऐम्पियर)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
V (वोल्ट)	1.6	3.4	6.7	10.2	13.2

   V तथा I के बीच ग्राफ खींचकर इस प्रतिरोधक का प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

8. किसी अज्ञात प्रतिरोध के प्रतिरोधक के सिरों से 12 V की बैटरी को संयोजित करने पर परिपथ में 2.5 mA विद्युत धारा प्रवाहित होती है। प्रतिरोधक का प्रतिरोध परिकलित कीजिए।
9. 9 V की किसी बैटरी को 0.2 Ω, 0.3 Ω, 0.4 Ω , 0.5 Ω तथा 12 Ω के प्रतिरोधकों के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित किया गया है। 12 Ω के प्रतिरोधक से कितनी विद्युत धारा प्रवाहित होगी?
10. 176 Ω प्रतिरोध के कितने प्रतिरोधकों को पार्श्वक्रम में संयोजित करें कि 220 V के विद्युत स्रोत से संयोजन से 5 A विद्युत धारा प्रवाहित हो?
11. यह दर्शाइए कि आप 6 Ω प्रतिरोध के तीन प्रतिरोधकों को किस प्रकार संयोजित करेंगे कि प्राप्त संयोजन का प्रतिरोध (i) 9 Ω, (ii) 4 Ω हो।
12. 220 V की विद्युत लाइन पर उपयोग किए जाने वाले बहुत से बल्बों का अनुमतांक 10 W है। यदि 220 V लाइन से अनुमत अधिकतम विद्युत धारा 5 A है तो इस लाइन के दो तारों के बीच कितने बल्ब पार्श्वक्रम में संयोजित किए जा सकते है?
13. किसी विद्युत भट्टी की तप्त प्लेट दो प्रतिरोधक कुंडलियों A तथा B की बनी हैं, जिनमें प्रत्येक का प्रतिरोध 24 Ω है तथा इन्हें पृथक-पृथक, श्रेणीक्रम में अथवा पार्श्वक्रम में संयोजित करके उपयोग किया जा सकता है। यदि यह भट्टी 220 V विद्युत स्रोत से संयोजित की जाती है तो तीनों प्रकरणों में प्रवाहित विद्युत धाराएँ क्या हैं?
14. निम्नलिखित परिपथों में प्रत्येक में 2 Ω प्रतिरोधक द्वारा उपभुक्त शक्तियों की तुलना कीजिए—
(i) 6 V की बैटरी से संयोजित 1 Ω तथा 2 Ω श्रेणीक्रम संयोजन (ii) 4 V बैटरी से संयोजित 12 Ω तथा 2 Ω का पार्श्वक्रम संयोजन।
15. दो विद्युत लैम्प जिनमें से एक का अनुमतांक 100 W; 220 V तथा दूसरे का 60 W; 220 V है, विद्युत मेंस के साथ पार्श्वक्रम में संयोजित है। यदि विद्युत आपूर्ति की वोल्टता 220 V है तो विद्युत मेंस से कितनी धारा ली जाती है?
16. किसमें अधिक विद्युत ऊर्जा उपभुक्त होती है— 250 W का टी.वी. सेट जो एक घंटे तक चलाया जाता है अथवा 120 W का विद्युत हीटर, जो 10 मिनट के लिए चलाया जाता है?
17. 8 Ω प्रतिरोध का कोई विद्युत हीटर विद्युत मेंस से 2 घंटे तक 15 A विद्युत धारा लेता है। हीटर में उत्पन्न ऊष्मा की दर परिकलित कीजिए।
18. निम्नलिखित को स्पष्ट कीजिए—
    (a) विद्युत लैम्पों के तंतुओं के निर्माण में प्रायः एकमात्र टंगस्टन का ही उपयोग क्यों किया जाता है?
    (b) विद्युत तापन युक्तियों जैसे ब्रेड-टोस्टर तथा विद्युत इस्तरी के चालक शुद्ध धातुओं के स्थान पर मिश्रातुओं के क्यों बनाए जाते हैं?
    (c) घरेलू विद्युत परिपथों में श्रेणीक्रम संयोजन का उपयोग क्यों नहीं किया जाता है?
    (d) किसी तार का प्रतिरोध उसकी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल में परिवर्तन के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है?
    (e) विद्युत संचारण के लिए प्रायः कॉपर तथा ऐलुमिनियम के तारों का उपयोग क्यों किया जाता है?

अध्याय 12

विद्युत धारा के चुंबकीय प्रभाव

विद्युत के पिछले अध्याय में हमने विद्युत धारा के तापीय प्रभावों के बारे में अध्ययन किया था। विद्युत धारा के अन्य प्रभाव क्या हो सकते हैं? हम जानते हैं कि विद्युत धारावाही तार चुंबक की भाँति व्यवहार करता है। इस तथ्य का पुनः अवलोकन करने के लिए आइए, एक क्रियाकलाप करते हैं।

चित्र 12.1
धातु के चालक से विद्युत धारा प्रवाहित कराने पर दिक्सूचक सुई विक्षेपित होती है।

क्रियाकलाप 12.1

- ताँबे का एक सीधा मोटा तार लीजिए तथा इसे चित्र 12.1 में दर्शाए अनुसार विद्युत परिपथ के दो बिंदुओं X तथा Y के बीच रखिए। (तार XY कागज की सतह के लंबवत रखा है।)
- इस ताँबे के तार के निकट क्षैतिज रूप में एक छोटी दिक्सूचक रखिए। इसकी सुई की स्थिति नोट कीजिए।
- प्लग में कुंजी लगाकर विद्युत परिपथ में विद्युत धारा प्रवाहित कराइए।
- दिक्सूचक सुई की स्थिति में परिवर्तन का प्रेक्षण कीजिए।

हम देखते हैं कि सुई विक्षेपित हो जाती है। इसका क्या तात्पर्य है? इसका यह अर्थ है कि ताँबे के तार से प्रवाहित विद्युत धारा ने एक चुंबकीय प्रभाव उत्पन्न किया है। इस प्रकार हम यह कह सकते हैं कि विद्युत और चुंबकत्व एक-दूसरे से संबंधित हैं। तब गतिमान चुंबकों के विद्युतीय प्रभाव

हैंस क्रिश्चियन ऑर्स्टेड (1777–1851)

19वीं शताब्दी के अग्रणी वैज्ञानिकों में से एक, हैंस क्रिश्चियन ऑर्स्टेड ने वैद्युतचुंबकत्व को समझने में एक निर्णायक भूमिका निभाई। सन् 1820 ई. में उन्होंने अकस्मात यह खोजा कि किसी धातु के तार में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर पास में रखी दिक्सूची में विक्षेप उत्पन्न हुआ। अपने प्रेक्षणों के आधार पर ऑर्स्टेड ने यह प्रमाणित किया कि विद्युत तथा चुंबकत्व परस्पर संबंधित परिघटनाएँ हैं। उनके अनुसंधान ने आगे जाकर नई-नई प्रौद्योगिकियों; जैसे– रेडियो, टेलीविजन, तंतु प्रकाशिकी आदि का सृजन किया। उन्हीं के सम्मान में चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता का मात्रक ऑर्स्टेड रखा गया है।

की उत्क्रमित संभावना के विषय में आप क्या कह सकते हैं? इस अध्याय में हम चुंबकीय क्षेत्रों तथा इसी प्रकार के विद्युत-चुंबकीय प्रभावों का अध्ययन करेंगे। हम विद्युत-चुंबकों तथा विद्युत मोटरों के विषय में भी अध्ययन करेंगे, जो विद्युत धारा के चुंबकीय प्रभाव पर आधारित होता है। इसके साथ ही हम विद्युत जनित्र के विषय में भी जानकारी प्राप्त करेंगे, जो गतिमान चुंबकों के विद्युतीय प्रभाव पर आधारित है।

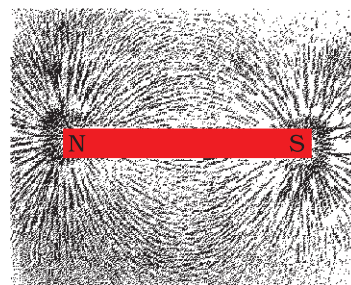
12.1 चुंबकीय क्षेत्र और क्षेत्र रेखाएँ

हम इस तथ्य से भली-भाँति परिचित हैं कि किसी छड़-चुंबक के निकट लाने पर दिक्सूचक की सुई विक्षेपित हो जाती है। वास्तव में दिक्सूचक की सुई एक छोटा छड़ चुंबक ही होती है। किसी दिक्सूचक की सुई के दोनों सिरे लगभग उत्तर और दक्षिण दिशाओं की ओर संकेत करते हैं। उत्तर दिशा की ओर संकेत करने वाले सिरे को **उत्तरोमुखी ध्रुव** अथवा उत्तर ध्रुव कहते हैं। दूसरा सिरा, जो दक्षिण दिशा की ओर संकेत करता है, उसे **दक्षिणोमुखी** ध्रुव अथवा दक्षिण ध्रुव कहते हैं। विविध क्रियाकलापों के द्वारा हमने यह प्रेक्षण किया है कि चुंबकों के सजातीय ध्रुवों में परस्पर प्रतिकर्षण तथा विजातीय ध्रुवों में परस्पर आकर्षण होता है।

प्रश्न

1. चुंबक के निकट लाने पर दिक्सूचक की सुई विक्षेपित क्यों हो जाती है?

क्रियाकलाप 12.2

- किसी चिपचिपे पदार्थ का उपयोग करके ड्राइंग बोर्ड पर एक सफ़ेद कागज़ लगाइए।
- इसके बीचोंबीच एक छड़-चुंबक रखिए।
- छड़-चुंबक के चारों ओर एकसमान रूप से कुछ लौहचूर्ण छितराइए (चित्र 12.2)। इस कार्य के लिए नमक-छितरावक का उपयोग किया जा सकता है।
- अब बोर्ड को धीरे से थपथपाइए।
- आप क्या प्रेक्षण करते हैं?

चित्र 12.2 *छड़ चुंबक के निकट का लौहचूर्ण स्वयं ही चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के अनुदिश सरेखित हो जाता है*

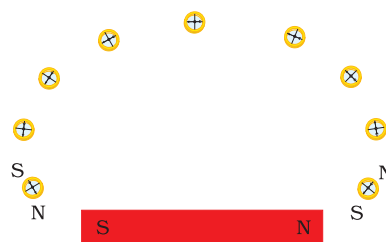
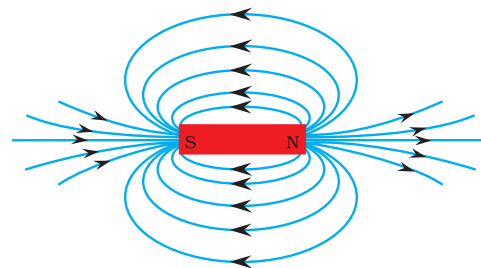
लौहचूर्ण स्वयं को चित्र 12.2 में दर्शाए गए पैटर्न में व्यवस्थित कर लेता है? लौहचूर्ण इस प्रकार के पैटर्न में क्यों व्यवस्थित होता है? यह पैटर्न क्या निदर्शित करता है? चुंबक अपने चारों ओर के क्षेत्र में अपना प्रभाव आरोपित करता है। अतः लौहचूर्ण एक बल का अनुभव करता है। इसी बल के कारण लौह-चूर्ण इस प्रकार के पैटर्न में व्यवस्थित हो जाता है। किसी चुंबक के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमें उसके बल का संसूचन किया जा सकता है, उस चुंबक का

2024-25

चुंबकीय क्षेत्र कहलाता है। वह रेखाएँ जिनके अनुदिश लौहचूर्ण स्वयं संरेखित होता है, **चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं का निरूपण** करती हैं।

क्या किसी छड़-चुंबक के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ प्राप्त करने के अन्य कोई उपाय भी हैं? वास्तव में आप स्वयं किसी छड़-चुंबक की चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ खींच सकते हैं।

क्रियाकलाप 12.3

- एक छड़-चुंबक तथा एक छोटी दिक्सूची लीजिए।
- किसी चिपचिपे पदार्थ से ड्राइंग बोर्ड पर चिपकाए गए सफ़ेद कागज़ के बीचोंबीच इस चुंबक को रखिए।
- चुंबक की सीमा रेखा अंकित कीजिए।
- दिक्सूची को चुंबक के उत्तर ध्रुव के निकट ले जाइए। यह कैसे व्यवहार करता है? दिक्सूची का दक्षिण ध्रुव चुंबक के उत्तर ध्रुव की ओर संकेत करता है। दिक्सूची का उत्तर ध्रुव चुंबक के उत्तर ध्रुव से दूर की ओर संकेत करता है।
- दिक्सूची के दोनों सिरों की स्थितियाँ नुकीली पेंसिल से अंकित कीजिए।
- अब दिक्सूची को इस प्रकार रखिए कि इसका दक्षिण ध्रुव उस स्थिति पर आ जाए, जहाँ पहले उत्तर ध्रुव की स्थिति को अंकित किया था। उत्तर ध्रुव की इस नई स्थिति को अंकित कीजिए।
- चित्र 12.3 में दर्शाए अनुसार चुंबक के दक्षिण ध्रुव पर पहुँचने तक इस क्रिया को दोहराते जाइए।
- अब कागज़ पर अंकित बिंदुओं को इस प्रकार मिलाइए कि एक निष्कोण वक्र प्राप्त हो जाए। यह वक्र एक चुंबकीय क्षेत्र रेखा को निरूपित करता है। उपरोक्त प्रक्रिया को दोहराकर जितनी संभव हो सकें क्षेत्र रेखाएँ खींचिए। आपको चित्र 12.4 में दर्शाए जैसा पैटर्न प्राप्त होगा। ये रेखाएँ चुंबक के चारों ओर के चुंबकीय क्षेत्र को निरूपित करती हैं। इन्हें चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ कहते हैं।
- किसी चुंबकीय क्षेत्र रेखा के अनुदिश गमन करते समय दिक्सूची के विक्षेप का प्रेक्षण कीजिए। चुंबक के ध्रुवों के निकट जाने पर सुई के विक्षेप में वृद्धि होती जाती है।

चित्र 12.3
दिक्सूचक की सहायता से चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ आरेखित करना

चित्र 12.4
किसी छड़-चुंबक के चारों ओर क्षेत्र रेखाएँ

चुंबकीय क्षेत्र एक ऐसी राशि है, जिसमें *परिमाण* तथा *दिशा* दोनों होते हैं। किसी चुंबकीय क्षेत्र की दिशा वह मानी जाती है, जिसके अनुदिश दिक्सूची का उत्तर ध्रुव उस क्षेत्र के भीतर गमन करता है। इसीलिए परिपाटी के अनुसार चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ चुंबक के उत्तर ध्रुव से प्रकट होती हैं तथा दक्षिण ध्रुव पर विलीन हो जाती हैं। (चित्र 12.4 में चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं पर अंकित तीर के निशानों पर ध्यान दीजिए।) चुंबक के भीतर चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं की दिशा उसके दक्षिण ध्रुव से उत्तर ध्रुव की ओर होती है। अतः चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ एक बंद वक्र होती हैं।

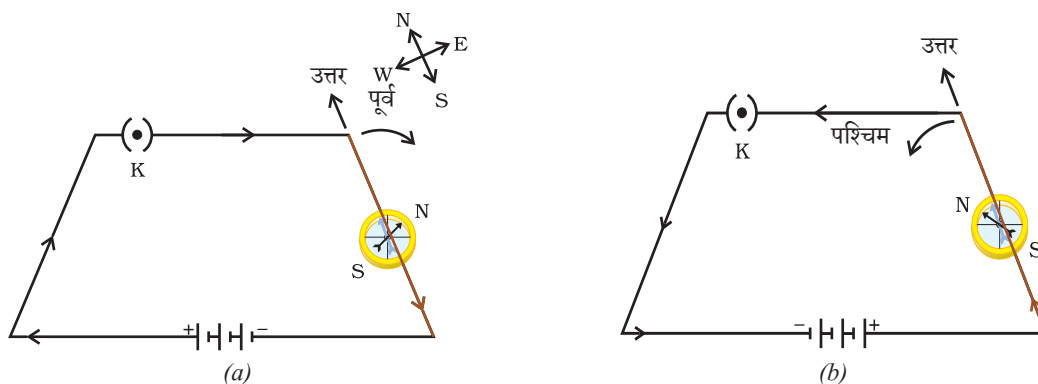
चुंबकीय क्षेत्र की आपेक्षिक प्रबलता को क्षेत्र रेखाओं की निकटता की कोटि द्वारा दर्शाया जाता है, जहाँ पर चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ अपेक्षाकृत अधिक निकट होती हैं वहाँ चुंबकीय क्षेत्र अधिक प्रबल होता है, अर्थात वहाँ पर विद्यमान किसी अन्य चुंबक के ध्रुव पर चुंबकीय क्षेत्र के कारण अधिक बल कार्य करेगा। (चित्र 12.4 देखिए)

दो क्षेत्र रेखाएँ कहीं भी एक-दूसरे को प्रतिच्छेद नहीं करतीं। यदि वे ऐसा करें तो इसका यह अर्थ होगा कि प्रतिच्छेद बिंदु पर दिक्सूची को रखने पर उसकी सुई दो दिशाओं की ओर संकेत करेगी, जो संभव नहीं हो सकता।

12.2 किसी विद्युत धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र

क्रियाकलाप 12.1 में हमने यह देखा कि किसी धातु के चालक में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर उसके चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को ज्ञात करने के लिए आइए, हम इसी क्रियाकलाप को नीचे दिए गए ढंग से करते हैं।

क्रियाकलाप 12.4

- एक लंबा सीधा ताँबे का तार, 1.5 V के दो या तीन सेल तथा एक प्लग कुंजी लीजिए। इन सबको चित्र 12.5 (a) में दर्शाए अनुसार श्रेणीक्रम में संयोजित कीजिए।
- सीधे तार को दिक्सूची के ऊपर उसकी सुई के समांतर रखिए। अब प्लग में कुंजी लगाकर परिपथ को पूरा कीजिए। सुई के उत्तर ध्रुव के विक्षेप की दिशा नोट कीजिए। यदि विद्युत धारा चित्र 12.5 (a) में दर्शाए अनुसार उत्तर से दक्षिण की ओर प्रवाहित हो रही है तो दिक्सूची का उत्तर ध्रुव पूर्व की ओर विक्षेपित होगा।
- चित्र 12.5 (b) में दर्शाए अनुसार परिपथ में जुड़े सेलों के संयोजनों को प्रतिस्थापित कीजिए। इसके परिणामस्वरूप ताँबे के तार में विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा में परिवर्तन होगा अर्थात विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा दक्षिण से उत्तर की ओर हो जाएगी। दिक्सूची के विक्षेप की दिशा में परिवर्तन का प्रेक्षण कीजिए। आप यह देखेंगे कि अब सुई विपरीत दिशा में अर्थात पश्चिम की ओर विक्षेपित होती है। इसका अर्थ यह हुआ कि विद्युत धारा द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा भी उत्क्रमित हो गई है।

चित्र 12.5 *एक सरल विद्युत परिपथ, जिसमें किसी लंबे ताँबे के तार को किसी दिक्सूची के ऊपर तथा उसकी सुई के समांतर रखा गया है। जब तार में विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा उत्क्रमित होती है तो दिक्सूची का विक्षेप विपरीत दिशा में होता है।*

12.2.1 सीधे चालक से विद्युत धारा प्रवाहित होने के कारण चुंबकीय क्षेत्र

किसी चालक से विद्युत धारा प्रवाहित होने पर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र का पैटर्न कैसे निर्धारित होता है? क्या यह पैटर्न चालक की आकृति पर निर्भर करता है? इसकी जाँच हम एक क्रियाकलाप द्वारा करेंगे।

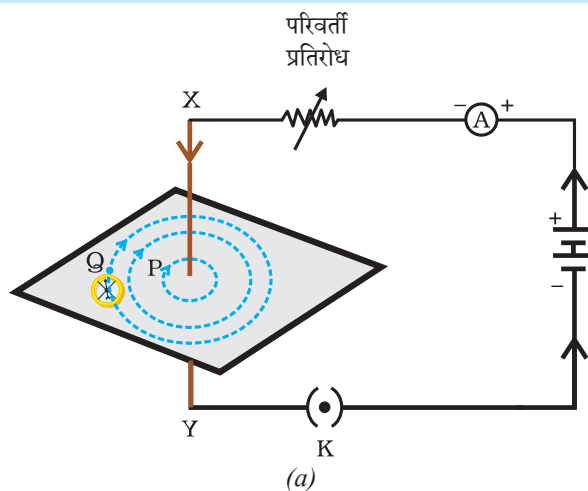
पहले हम किसी विद्युत धारावाही सीधे चालक के चारों ओर के चुंबकीय क्षेत्र पैटर्न पर विचार करेंगे।

क्रियाकलाप 12.5

- एक 12 V की बैटरी, एक परिवर्ती प्रतिरोध (धारा नियंत्रक), 0–5 A परिसर का ऐमीटर, एक प्लग कुंजी तथा एक लंबा मोटा सीधा ताँबे का तार लीजिए।
- एक आयताकार कार्डबोर्ड का टुकड़ा लेकर उसके बीचोंबीच कार्डबोर्ड के तल के अभिलंबवत इस मोटे तार को प्रविष्ट कराइए। यह सावधानी रखिए कि कार्डबोर्ड तार में स्थिर रहे, ऊपर-नीचे हिले-डुले नहीं।
- चित्र 12.6 (a) में दर्शाए अनुसार ताँबे के तार को ऊर्ध्वाधरतः बिंदुओं X तथा Y के बीच श्रेणीक्रम में बैटरी, ऐमीटर, धारा नियंत्रक तथा प्लग कुंजी से संयोजित कीजिए।
- तार के चारों ओर कार्डबोर्ड पर कुछ लौहचूर्ण एकसमान रूप से छितराइए। (इसके लिए आप नमक छितरावक का उपयोग भी कर सकते हैं।)
- धारा-नियंत्रक के परिवर्तक को किसी एक नियत स्थिति पर रखिए तथा ऐमीटर में विद्युत धारा का पाठ्यांक नोट कीजिए।
- कुंजी लगाकर परिपथ बंद कीजिए ताकि ताँबे के तार से विद्युत धारा प्रवाहित हो। यह सुनिश्चित कीजिए कि बिंदुओं X तथा Y के बीच में लगा ताँबे का तार ऊर्ध्वाधरतः सीधा रहे।
- कार्डबोर्ड को हल्के से कुछ बार थपथपाइए। लौहचूर्ण के पैटर्न का प्रेक्षण कीजिए। आप यह देखेंगे कि लौहचूर्ण संरेखित होकर तार के चारों ओर संकेंद्री वृत्तों के रूप में व्यवस्थित होकर एक वृत्ताकार पैटर्न (चित्र 12.6) बनाता है।
- ये संकेंद्री वृत्त क्या निरूपित करते हैं? ये चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं को निरूपित करते हैं।
- इस प्रकार उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा कैसे ज्ञात करें? वृत्त के किसी बिंदु (जैसे P) पर दिक्सूची रखिए। सुई की दिशा का प्रेक्षण कीजिए। दिक्सूची का उत्तर ध्रुव बिंदु विद्युत धारा द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र रेखा की दिशा बताता है। इस दिशा को तीर द्वारा दर्शाइए।
- यदि सीधे तार में प्रवाहित विद्युत धारा की दिशा को उत्क्रमित कर दिया जाए, तो क्या चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं की दिशा भी उत्क्रमित हो जाएगी? इसका परीक्षण कीजिए।

(a)

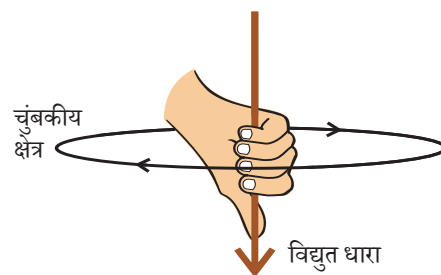
(b)

चित्र 12.6 (a) किसी विद्युत धारावाही सीधे चालक तार के चारों ओर के चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाओं को निरूपित करता संकेंद्री वृत्तों का पैटर्न। वृत्तों पर अंकित तीर क्षेत्र रेखाओं की दिशाओं को दर्शाते हैं। (b) प्राप्त पैटर्न का समीप दृश्य

यदि ताँबे के तार में प्रवाहित विद्युत धारा के परिमाण को परिवर्तित कर दें, तो किसी दिए गए बिंदु पर रखे दिक्सूची के विक्षेप पर क्या प्रभाव पड़ता है? इसे देखने के लिए तार में विद्युत धारा को परिवर्तित कीजिए। हम यह पाते हैं कि सुई के विक्षेप में भी परिवर्तन होता है। वास्तव में, जब विद्युत धारा के परिमाण में वृद्धि होती है तो विक्षेप में भी वृद्धि होती है। इससे यह निर्दिष्ट होता है कि जैसे-जैसे तार में प्रवाहित विद्युत धारा के परिमाण में वृद्धि होती है तो किसी दिए गए बिंदु पर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र के परिमाण में भी वृद्धि हो जाती है।

यदि ताँबे के तार में प्रवाहित विद्युत धारा तो वही रहती हैं, परंतु दिक्सूची ताँबे के तार से दूर चला जाता है, तब दिक्सूची के विक्षेप पर क्या प्रभाव पड़ता है? इसे देखने के लिए हम दिक्सूची को चालक तार से दूर स्थित किसी बिंदु (जैसे Q) पर रख देते हैं। आप क्या परिवर्तन देखते हैं? हम यह देखते हैं कि दिक्सूची का विक्षेप घट जाता है। इस प्रकार किसी चालक से प्रवाहित की गई विद्युत धारा के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र चालक से दूर जाने पर घटता है। चित्र 12.6 से यह देखा जा सकता है कि जैसे-जैसे विद्युत धारावाही सीधे चालक तार से दूर हटते जाते हैं, उसके चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र को निरूपित करने वाले संकेंद्री वृत्तों का साइज़ बड़ा हो जाता है।

12.2.2 दक्षिण-हस्त अंगुष्ठ नियम

किसी विद्युत धारावाही चालक से संबद्ध चुंबकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करने का एक सुगम उपाय नीचे दिया गया है।

कल्पना कीजिए कि आप अपने दाहिने हाथ में विद्युत धारावाही चालक को इस प्रकार पकड़े हुए हैं कि आपका अँगूठा विद्युत धारा की दिशा की ओर संकेत करता है, तो आपकी अँगुलियाँ चालक के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाओं की दिशा में लिपटी होंगी जैसा कि चित्र 12.7 में दर्शाया गया है। इसे दक्षिण-हस्त (दायाँ हाथ) अंगुष्ठ* नियम कहते हैं।

चित्र 12.7
दक्षिण-हस्त अंगुष्ठ नियम

उदाहरण 12.1

किसी क्षैतिज शक्ति संचरण लाइन (पावर लाइन) में पूर्व से पश्चिम दिशा की ओर विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। इसके ठीक नीचे के किसी बिंदु पर तथा इसके ठीक ऊपर के किसी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्या है?

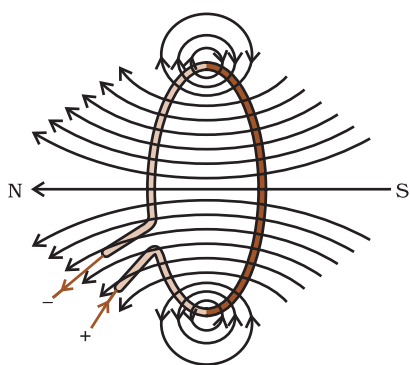
हल

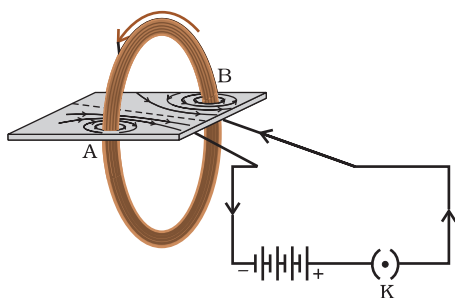
विद्युत धारा पूर्व से पश्चिम की ओर प्रवाहित हो रही है। दक्षिण-हस्त अंगुष्ठ नियम को लागू करने पर पूर्वी सिरे से अवलोकन करने पर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा (तार के ऊपर या नीचे किसी भी बिंदु पर) तार के लंबवत् तल में दक्षिणावर्त होगी। इसी प्रकार से तार के पश्चिमी सिरे से अवलोकन करने पर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा वामावर्त होगी

** इसे मैक्सवेल का कॉर्कस्क्रू नियम भी कहते हैं। यदि हम यह विचार करें कि हम किसी कॉर्कस्क्रू को विद्युत धारा की दिशा में आगे बढ़ा रहे हैं, तो कॉर्कस्क्रू के घूर्णन की दिशा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा होती है।*

प्रश्न

1. किसी छड़-चुंबक के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ खींचिए।
2. चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के गुणों की सूची बनाइए।
3. दो चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे को प्रतिच्छेद क्यों नहीं करतीं?

12.2.3 विद्युत धारावाही वृत्ताकार पाश के कारण चुंबकीय क्षेत्र

चित्र 12.8 *विद्युत धारावाही पाश के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ*

अब तक हमने किसी सीधे विद्युत धारावाही चालक के कारण उसके चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं का पैटर्न देखा है। मान लीजिए, इस तार को मोड़कर एक वृत्ताकार पाश (लूप) बनाया जाता है और फिर उसमें विद्युत धारा प्रवाहित कराते हैं। तब इसके द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र कैसा प्रतीत होगा? हम जानते हैं कि किसी विद्युत धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र उससे दूरी के व्युत्क्रम पर निर्भर करता है। इसी प्रकार किसी विद्युत धारावाही पाश के प्रत्येक बिंदु पर उसके चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र को निरूपित करने वाले संकेंद्री वृत्तों का साइज़ तार से दूर जाने पर निरंतर बड़ा (चित्र 12.8) होता जाता है। जैसे ही हम वृत्ताकार पाश के केंद्र पर पहुँचते हैं, इन बृहत् वृत्तों के चाप सरल रेखाओं जैसे प्रतीत होने लगते हैं। विद्युत धारावाही तार के प्रत्येक बिंदु से उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ पाश के केंद्र पर सरल रेखा जैसी प्रतीत होने लगती हैं। दक्षिण-हस्त अंगुष्ठ नियम को लागू करके इस बात की आसानी से जाँच की जा सकती है कि तार का प्रत्येक भाग चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं में योगदान देता है तथा पाश के भीतर सभी चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ एक ही दिशा में होती हैं।

चित्र 12.9
धारावाही वृत्ताकार कुंडली द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र

क्रियाकलाप 12.6

- एक ऐसा आयताकार कार्डबोर्ड लीजिए, जिसमें दो छिद्र हों। एक ऐसी वृत्ताकार कुंडली लीजिए, जिसमें फेरों की संख्या काफ़ी अधिक हो और उसे कार्डबोर्ड के तल के अभिलंबवत लगाया गया हो।
- चित्र 12.9 में दर्शाए अनुसार कुंडली के सिरों को श्रेणीक्रम में बैटरी, एक कुंजी तथा एक धारा नियंत्रक से संयोजित कीजिए।
- कार्डबोर्ड पर लौहचूर्ण एकसमान रूप से छितराइए।
- कुंजी लगाकर परिपथ पूरा कीजिए।
- कार्डबोर्ड को हल्के से कुछ बार थपथपाइए। कार्डबोर्ड पर जो पैटर्न बनता दिखाई दे, उसका प्रेक्षण कीजिए।

हम जानते हैं कि किसी विद्युत धारावाही तार के कारण किसी दिए गए बिंदु पर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र प्रवाहित विद्युत धारा पर अनुलोमतः निर्भर करता है। अतः यदि हमारे पास n फेरों की कोई कुंडली हो तो उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र परिमाण में एकल फेरे द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की तुलना में n गुना अधिक प्रबल होगा। इसका कारण यह है कि प्रत्येक फेरे में विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा समान है। अतः व्यष्टिगत फेरों के चुंबकीय क्षेत्र संयोजित हो जाते हैं।

चित्र 12.10
किसी विद्युत धारावाही परिनालिका के भीतर और उसके चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ

12.2.4 परिनालिका में प्रवाहित विद्युत धारा के कारण चुंबकीय क्षेत्र

पास-पास लिपटे विद्युतरोधी ताँबे के तार की बेलन की आकृति की अनेक फेरों वाली कुंडली को **परिनालिका** कहते हैं। किसी विद्युत धारावाही परिनालिका के कारण उसके चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं का पैटर्न चित्र 12.10 में दर्शाया गया है। इस चुंबकीय क्षेत्र के पैटर्न की तुलना चित्र 12.4 में दर्शाए गए छड़-चुंबक के चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के पैटर्न से कीजिए। क्या ये एक जैसे प्रतीत होते हैं? वास्तव में परिनालिका का एक सिरा उत्तर ध्रुव तथा दूसरा सिरा दक्षिण ध्रुव की भाँति व्यवहार करता है। परिनालिका के भीतर चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ समांतर सरल रेखाओं की भाँति होती हैं। यह निर्दिष्ट करता है कि किसी परिनालिका के भीतर सभी बिंदुओं पर चुंबकीय क्षेत्र समान होता है। अर्थात परिनालिका के भीतर एकसमान चुंबकीय क्षेत्र होता है।

परिनालिका के भीतर उत्पन्न प्रबल चुंबकीय क्षेत्र का उपयोग किसी चुंबकीय पदार्थ, जैसे नर्म लोहे, को परिनालिका के भीतर रखकर चुंबक बनाने (चित्र 12.11) में किया जा सकता है। इस प्रकार बने चुंबक को **विद्युत चुंबक** कहते हैं।

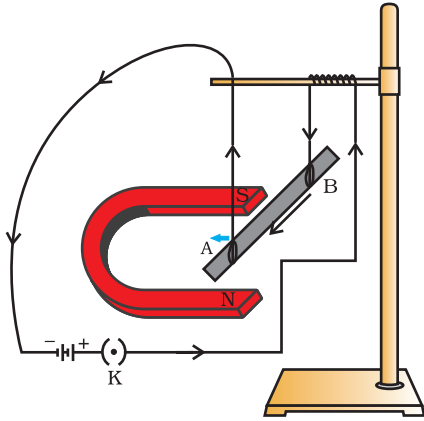
चित्र 12.11
किसी विद्युत धारावाही परिनालिका का उपयोग उसके भीतर रखी स्टील की छड़ को चुंबकित करने में किया जाता है— एक विद्युत चुबंक

प्रश्न

1. मेज के तल में पड़े तार के वृत्ताकार पाश पर विचार कीजिए। मान लीजिए इस पाश में दक्षिणावर्त विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। दक्षिण-हस्त अंगुष्ठ नियम को लागू करके पाश के भीतर तथा बाहर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात कीजिए।
2. किसी दिए गए क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र एकसमान है। इसे निरूपित करने के लिए आरेख खींचिए।
3. सही विकल्प चुनिए—
   किसी विद्युत धारावाही सीधी लंबी परिनालिका के भीतर चुंबकीय क्षेत्र—
   (a) शून्य होता है।
   (b) इसके सिरे की ओर जाने पर घटता है।
   (c) इसके सिरे की ओर जाने पर बढ़ता है।
   (d) सभी बिंदुओं पर समान होता है।

2024-25

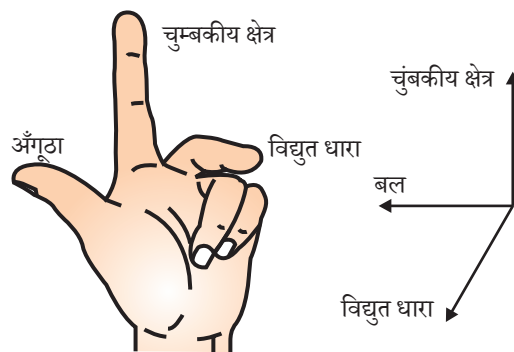
12.3 चुंबकीय क्षेत्र में किसी विद्युत धारावाही चालक पर बल

हमने यह सीखा है कि किसी चालक में प्रवाहित विद्युत धारा चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। इस प्रकार उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र इस चालक के निकट रखे किसी चुंबक पर कोई बल आरोपित करता है। फ्रांसीसी वैज्ञानिक आंद्रे मैरी ऐम्पियर (1775–1836) ने यह विचार प्रस्तुत किया कि चुंबक को भी विद्युत धारावाही चालक पर परिमाण में समान, परंतु दिशा में विपरीत बल आरोपित करना चाहिए। किसी विद्युत धारावाही चालक पर चुंबकीय क्षेत्र के कारण लगने वाले बल को निम्नलिखित क्रियाकलाप द्वारा निदर्शित किया जा सकता है।

चित्र 12.12
विद्युत धारावाही छड़ AB अपनी लंबाई तथा चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत एक बल का अनुभव करती है। सरलता के लिए, चुंबक की टेक नहीं दर्शाई गई है।

क्रियाकलाप 12.7

- एल्युमिनियम की एक छोटी छड़ (लगभग 5 cm लंबी) लीजिए। चित्र 12.12 में दर्शाए अनुसार इस छड़ को दो संयोजक तारों द्वारा किसी स्टैंड से क्षैतिजतः लटकाइए।
- एक प्रबल नाल चुंबक इस प्रकार से व्यवस्थित कीजिए कि छड़ नाल चुंबक के दो ध्रुवों के बीच में हो तथा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा उपरिमुखी हो। ऐसा करने के लिए नाल चुंबक का उत्तर ध्रुव एल्युमिनियम की छड़ के ऊर्ध्वाधरतः नीचे एवं दक्षिण ध्रुव ऊर्ध्वाधरतः ऊपर रखिए। (चित्र 12.12)
- एल्युमिनियम की छड़ को एक बैटरी, एक कुंजी तथा एक धारा नियंत्रक के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित कीजिए। एल्युमिनियम छड़ में सिरे B से A की ओर विद्युत धारा प्रवाहित कराइए।
- आप क्या देखते हैं? हम यह देखते हैं कि विद्युत धारा प्रवाहित होते ही छड़ बाईं दिशा में विस्थापित होती है।
- अब छड़ में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा की दिशा उत्क्रमित कीजिए और छड़ के विस्थापन की दिशा नोट कीजिए। अब यह दाईं ओर विस्थापित होती है। छड़ क्यों विस्थापित होती है?

उपरोक्त क्रियाकलाप में छड़ के विस्थापन से हमें यह संकेत मिलता है कि चुंबकीय क्षेत्र में रखने पर एल्युमिनियम की विद्युत धारावाही छड़ पर एक बल आरोपित होता है। और यह भी संकेत मिलता है कि चालक में प्रवाहित विद्युत धारा की दिशा उत्क्रमित करने पर बल की दिशा भी उत्क्रमित हो जाती है। अब चुंबक के ध्रुवों को परस्पर बदल कर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा ऊर्ध्वाधरतः अधोमुखी कीजिए। एक बार पुनः यह दिखाई देता है कि विद्युत धारावाही छड़ पर आरोपित बल की दिशा उत्क्रमित हो जाती है। इससे यह प्रदर्शित होता है कि चालक पर आरोपित बल की दिशा विद्युत धारा की दिशा और चुंबकीय क्षेत्र की दिशा दोनों पर निर्भर करती है। प्रयोगों द्वारा यह देखा गया है कि छड़ में विस्थापन उस समय अधिकतम (अथवा छड़ पर आरोपित बल का परिणाम उच्चतम) होता है, जब विद्युत धारा की दिशा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के लंबवत होती है। ऐसी स्थिति में चालक पर आरोपित बल की दिशा का पता हम एक सरल नियम द्वारा लगा सकते हैं।

क्रियाकलाप 12.7 में, हमने विद्युत धारा की दिशा और चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को परस्पर लंबवत रखकर विचार किया था और यह पाया कि चालक पर आरोपित बल की दिशा इन दोनों के लंबवत है। इन तीनों दिशाओं की व्याख्या एक सरल नियम जिसे **फ्लेमिंग का वामहस्त (बायाँ हाथ) नियम कहते हैं**, द्वारा की जा सकती है। इस नियम के अनुसार, अपने बाएँ हाथ की तर्जनी, मध्यमा तथा अँगूठे को इस प्रकार फैलाइए कि ये तीनों एक-दूसरे के परस्पर (चित्र 12.13) लंबवत हों। यदि तर्जनी चुंबकीय क्षेत्र की दिशा और मध्यमा चालक में प्रवाहित विद्युत धारा की दिशा की ओर संकेत करती है तो अँगूठा चालक की गति की दिशा अथवा चालक पर आरोपित बल की दिशा की ओर संकेत करेगा।

चित्र 12.13 फ्लेमिंग का वामहस्त नियम

विद्युत मोटर, विद्युत जनित्र, ध्वनि विस्तारक यंत्र, माइक्रोफ़ोन तथा विद्युत मापक यंत्र कुछ ऐसी युक्तियाँ हैं, जिनमें विद्युत धारावाही चालक तथा चुंबकीय क्षेत्रों का उपयोग होता है।

उदाहरण 12.2

चित्र 12.14 में दर्शाए अनुसार कोई इलेक्ट्रॉन किसी चुंबकीय क्षेत्र में क्षेत्र के लंबवत प्रवेश करता है। इलेक्ट्रॉन पर आरोपित बल की दिशा क्या है?

(a) दाईं ओर

(b) बाईं ओर

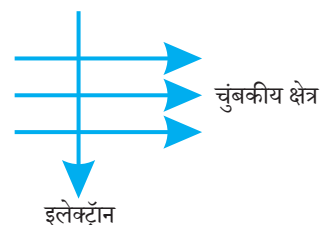
(c) कागज़ से बाहर की ओर आते हुए

(d) कागज़ में भीतर की ओर जाते हुए

चित्र 12.14

हल

उत्तर विकल्प (d) है।

फ्लेमिंग के वामहस्त नियम के अनुसार आरोपित बल की दिशा चुंबकीय क्षेत्र तथा विद्युत धारा दोनों की दिशाओं के लंबवत होती है। याद कीजिए विद्युत धारा की दिशा इलेक्ट्रॉनों की गति की दिशा के विपरीत होती है। अतः आरोपित बल की दिशा कागज़ में भीतर की ओर जाते हुए है।

प्रश्न

1. किसी प्रोटॉन का निम्नलिखित में से कौन-सा गुण किसी चुबंकीय क्षेत्र में मुक्त गति करते समय परिवर्तित हो जाता है? (यहाँ एक से अधिक सही उत्तर हो सकते हैं।)
   (a) द्रव्यमान, (b) चाल, (c) वेग (d) संवेग
2. क्रियाकलाप 12.7 में हमारे विचार से छड़ AB का विस्थापन किस प्रकार प्रभावित होगा यदि— (i) छड़ AB में प्रवाहित विद्युत धारा में वृद्धि हो जाए (ii) अधिक प्रबल नाल चुंबक प्रयोग किया जाए; और (iii) छड़ AB की लंबाई में वृद्धि कर दी जाए?
3. पश्चिम की ओर प्रक्षेपित कोई धनावेशित कण (अल्फा-कण) किसी चुंबकीय क्षेत्र द्वारा उत्तर की ओर विक्षेपित हो जाता है। चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्या है?
   (a) दक्षिण की ओर (b) पूर्व की ओर (c) अधोमुखी (d) उपरिमुखी

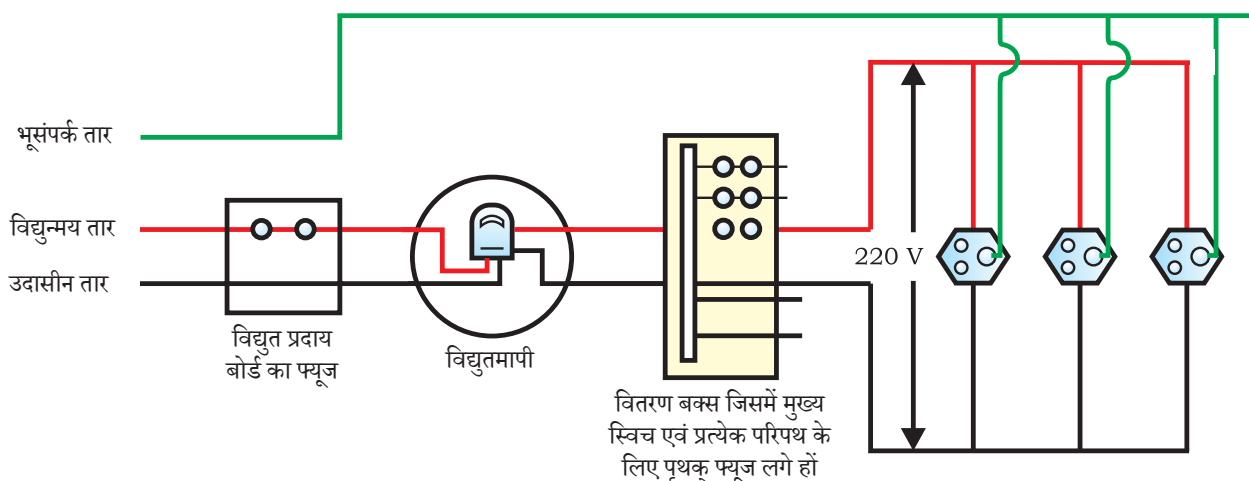
यह भी जानिए!

औषध में चुंबकत्व

विद्युत धारा सदैव चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। यहाँ तक कि हमारे शरीर की तंत्रिका कोशिकाओं के अनुदिश गमन करने वाली दुर्बल आयन धाराएँ भी चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती हैं। जब हम किसी वस्तु को स्पर्श करते हैं तो हमारी तंत्रिकाएँ एक विद्युत आवेग का उस पेशी तक वहन करती हैं, जिसका हमें उपयोग करना है। यह आवेग एक अस्थायी चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। ये क्षेत्र अति दुर्बल होते हैं और पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र की तुलना में उसके एक अरबवें भाग के बराबर होते हैं। मानव शरीर के दो मुख्य भाग, जिनमें चुंबकीय क्षेत्र का उत्पन्न होना महत्वपूर्ण है, वे हृदय तथा मस्तिष्क हैं। शरीर के भीतर चुंबकीय क्षेत्र शरीर के विभिन्न भागों के प्रतिबिंब प्राप्त करने का आधार बनता है। ऐसा एक विशेष तकनीक जिसे चुंबकीय अनुनाद प्रतिबिंबन [Magnetic Resonance Imaging (MRI)] कहते हैं, के उपयोग द्वारा किया जाता है। चिकित्सा निदान में इन प्रतिबिंबों का विश्लेषण सहायक होता है। इस प्रकार चिकित्सा विज्ञान में चुंबकत्व के महत्वपूर्ण उपयोग हैं।

12.4 घरेलू विद्युत परिपथ

हम अपने घरों में विद्युत शक्ति की आपूर्ति मुख्य तारों (जिसे **मेंस** भी कहते हैं।) से प्राप्त करते हैं। ये मुख्य तार या तो धरती पर लगे विद्युत खंभों के सहारे अथवा भूमिगत केबलों से हमारे घरों तक आते हैं। इस आपूर्ति के तारों में से एक तार को जिस पर प्रायः लाल विद्युतरोधी आवरण होता है, **विद्युन्मय तार** (अथवा धनात्मक तार) कहते हैं। अन्य तार को जिस पर काला आवरण होता है, **उदासीन तार** (अथवा ऋणात्मक तार) कहते हैं। हमारे देश में इन दोनों तारों के बीच 220 V का विभवांतर होता है।

घर में लगे मीटर बोर्ड में ये तार मुख्य फ्यूज़ से होते हुए एक विद्युत मीटर में प्रवेश करते हैं। इन्हें मुख्य स्विच से होते हुए घर के लाइन तारों से संयोजित किया जाता है। ये तार घर के पृथक्-पृथक् परिपथों में विद्युत आपूर्ति करते हैं। प्रायः घरों में दो पृथक् परिपथ होते हैं, एक 15 A विद्युत

चित्र 12.15 सामान्य घरेलू विद्युत परिपथों में से एक परिपथ का व्यवस्था आरेख

धारा अनुमतांक के लिए जिसका उपयोग उच्च शक्ति वाले विद्युत साधित्रों, जैसे— गीज़र, वायु शीतित्र/कूलर (air cooler) आदि के लिए किया जाता है। दूसरा विद्युत परिपथ 5 A विद्युत धारा अनुमतांक के लिए होता है, जिससे बल्ब पंखे आदि चलाए जाते हैं। भूसंपर्क तार जिस पर प्रायः हरा विद्युतरोधी आवरण होता है, घर के निकट भूमि के भीतर बहुत गहराई पर स्थित धातु की प्लेट से संयोजित होता है। इस तार का उपयोग विशेषकर विद्युत इस्त्री, टोस्टर, मेज़ का पंखा, रेफ्रिजरेटर, आदि धातु के आवरण वाले विद्युत साधित्रों में सुरक्षा के उपाय के रूप में किया जाता है। धातु के आवरणों से संयोजित भूसंपर्क तार विद्युत धारा के लिए अल्प प्रतिरोध का चालन पथ प्रस्तुत करता है। इससे यह सुनिश्चित हो जाता है कि साधित्र के धात्विक आवरण में विद्युत धारा का कोई क्षरण होने पर उस साधित्र का विभव भूमि के विभव के बराबर हो जाएगा। फलस्वरूप इस साधित्र को उपयोग करने वाला व्यक्ति तीव्र विद्युत आघात से सुरक्षित बचा रहता है।

चित्र 12.15 में सामान्य घरेलू विद्युत परिपथों में से किसी एक परिपथ का व्यवस्था आरेख दर्शाया गया है। प्रत्येक पृथक् विद्युत परिपथ में विद्युन्मय तथा उदासीन तारों के बीच विभिन्न विद्युत साधित्रों को संयोजित किया जा सकता है। प्रत्येक साधित्र का अपना पृथक् 'ऑन/ऑफ़' स्विच होता है, ताकि इच्छानुसार उनमें विद्युत धारा प्रवाहित कराई जा सके। सभी साधित्रों को समान वोल्टता मिल सके, इसके लिए उन्हें परस्पर पार्श्वक्रम में संयोजित किया जाता है।

विद्युत फ्यूज सभी घरेलू परिपथों का एक महत्वपूर्ण अवयव होता है। पिछले अध्याय (अनुभाग 11.7 देखिए) में हम विद्युत फ्यूज के सिद्धांत एवं कार्यविधि के विषय में अध्ययन कर चुके हैं। विद्युत परिपथ में लगा फ्यूज परिपथ तथा साधित्र को अतिभारण के कारण होने वाली क्षति से बचाता है। जब विद्युन्मय तार तथा उदासीन तार दोनों सीधे संपर्क में आते हैं तो अतिभारण हो सकता है। (यह तब होता है, जब तारों का विद्युतरोधन क्षतिग्रस्त हो जाता है अथवा साधित्र में कोई दोष होता है।) ऐसी परिस्थितियों में, किसी परिपथ में विद्युत धारा अकस्मात बहुत अधिक हो जाती है। इसे लघुपथन कहते हैं। विद्युत फ्यूज का उपयोग विद्युत परिपथ तथा विद्युत साधित्र को अवांछनीय उच्च विद्युत धारा के प्रवाह को समाप्त करके, संभावित क्षति से बचाना है। फ्यूजों में होने वाला जूल तापन फ्यूज को पिघला देता है, जिससे विद्युत परिपथ टूट जाता है। आपूर्ति वोल्टता में दुर्घटनावश होने वाली वृद्धि से भी कभी-कभी अतिभारण हो सकता है। कभी-कभी एक ही सॉकेट से बहुत से विद्युत साधित्रों को संयोजित करने से भी अतिभारण हो जाता है।

प्रश्न

1. विद्युत परिपथों तथा साधित्रों में सामान्यतः उपयोग होने वाले दो सुरक्षा उपायों के नाम लिखिए।
2. 2 kW शक्ति अनुमतांक का एक विद्युत तंदूर किसी घरेलू विद्युत परिपथ (220 V) में प्रचालित किया जाता है जिसका विद्युत धारा अनुमतांक 5 A है, इससे आप किस परिणाम की अपेक्षा करते हैं? स्पष्ट कीजिए।
3. घरेलू विद्युत परिपथों में अतिभारण से बचाव के लिए क्या सावधानी बरतनी चाहिए?

आपने क्या सीखा

- दिक्सूची एक छोटा चुंबक होता है। इसका एक सिरा जो उत्तर की ओर संकेत करता है उत्तर ध्रुव कहलाता है, तथा दूसरा सिरा जो दक्षिण की ओर संकेत करता है दक्षिण ध्रुव कहलाता है।
- किसी चुंबक के चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र होता है, जिसमें उस चुंबक के बल का संसूचन किया जा सकता है।
- किसी चुंबकीय क्षेत्र के निरूपण के लिए चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं का उपयोग किया जाता है। चुंबकीय क्षेत्र रेखा वह पथ है, जिसके अनुदिश कोई परिकल्पित स्वतंत्र उत्तर ध्रुव गमन करने की प्रवृत्ति रखता है। चुंबकीय क्षेत्र के किसी बिंदु पर क्षेत्र की दिशा उस बिंदु पर रखे उत्तर ध्रुव की गति की दिशा द्वारा दर्शाई जाती है। जहाँ चुंबकीय क्षेत्र प्रबल होता है, वहाँ क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे के निकट दिखाई जाती हैं।
- किसी विद्युत धारावाही धातु के तार से एक चुंबकीय क्षेत्र संबद्ध होता है। तार के चारों ओर क्षेत्र रेखाएँ अनेक संकेंद्री वृत्तों के रूप में होती हैं, जिनकी दिशा दक्षिण-हस्त अँगुष्ठ नियम द्वारा ज्ञात की जाती है।
- विद्युत चुंबक में नर्म लौह-क्रोड होता है, जिसके चारों ओर विद्युतरोधी ताँबे के तार की कुंडली लिपटी रहती है।
- कोई विद्युत धारावाही चालक चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर बल का अनुभव करता है। यदि चुंबकीय क्षेत्र तथा विद्युत धारा की दिशाएँ परस्पर एक-दूसरे के लंबवत हैं तब चालक पर आरोपित बल की दिशा इन दोनों दिशाओं के लंबवत होती है, जिसे फ्लेमिंग के वामहस्त नियम द्वारा प्राप्त किया जाता है।
- हम अपने घरों में प्रत्यावर्ती विद्युत शक्ति 220 V पर प्राप्त करते हैं, जिसकी आवृत्ति 50 Hz है। आपूर्ति का एक तार लाल विद्युतरोधन युक्त होता है, जिसे विद्युन्मय तार कहते हैं। दूसरे पर काला विद्युतरोधन होता है, जिसे उदासीन तार कहते हैं। इन दोनों तारों के बीच 220 V का विभवांतर होता है। तीसरा तार भूसंपर्क तार होता है, जिस पर हरा विद्युतरोधन होता है। यह तार भूमि में गहराई पर दबी धातु की प्लेट से संयोजित होता है। भूसंपर्कण एक सुरक्षा उपाय है, जो यह सुनिश्चित करता है कि साधित्र के धात्विक आवरण में यदि विद्युत धारा का कोई भी क्षरण होता है तो उस साधित्र का उपयोग करने वाले व्यक्ति को गंभीर झटका न लगे।
- विद्युत परिपथों की लघुपथन अथवा अतिभारण के कारण होने वाली हानि से सुरक्षा की सबसे महत्वपूर्ण युक्ति फ़्यूज़ है।

अभ्यास

1. निम्नलिखित में से कौन किसी लंबे विद्युत धारावाही तार के निकट चुंबकीय क्षेत्र का सही वर्णन करता है?
   (a) चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ तार के लंबवत होती हैं।
   (b) चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ तार के समांतर होती हैं।
   (c) चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ अरीय होती हैं जिनका उद्भव तार से होता है।
   (d) चुंबकीय क्षेत्र की संकेंद्री क्षेत्र रेखाओं का केंद्र तार होता है।

2. लघुपथन के समय परिपथ में विद्युत धारा का मान—
   (a) बहुत कम हो जाता है।
   (b) परिवर्तित नहीं होता।
   (c) बहुत अधिक बढ़ जाता है।
   (d) निरंतर परिवर्तित होता है।
3. निम्नलिखित प्रकथनों में कौन-सा सही है तथा कौन-सा गलत है? इसे प्रकथन के सामने अंकित कीजिए—
   (a) किसी लंबी वृत्ताकार विद्युत धारावाही कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र समांतर सीधी क्षेत्र रेखाएँ होता है।
   (b) हरे विद्युतरोधन वाला तार प्रायः विद्युन्मय तार होता है।
4. चुंबकीय क्षेत्र को उत्पन्न करने के दो तरीकों की सूची बनाइए।
5. किसी चुंबकीय क्षेत्र में स्थित विद्युत धारावाही चालक पर आरोपित बल कब अधिकतम होता है?
6. मान लीजिए आप किसी चैंबर में अपनी पीठ को किसी एक दीवार से लगाकर बैठे हैं। कोई इलेक्ट्रॉन पुंज आपके पीछे की दीवार से सामने वाली दीवार की ओर क्षैतिजतः गमन करते हुए किसी प्रबल चुंबकीय क्षेत्र द्वारा आपके दाईं ओर विक्षेपित हो जाता है। चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्या है?
7. निम्नलिखित की दिशा को निर्धारित करने वाला नियम लिखिए—
   (i) किसी विद्युत धारावाही सीधे चालक के चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र,
   (ii) किसी चुंबकीय क्षेत्र में, क्षेत्र के लंबवत स्थित, विद्युत धारावाही सीधे चालक पर आरोपित बल
8. किसी विद्युत परिपथ में लघुपथन कब होता है?
9. भूसंपर्क तार का क्या कार्य है? धातु के आवरण वाले विद्युत साधित्रों को भूसंपर्कित करना क्यों आवश्यक

अध्याय 13

हमारा पर्यावरण

हम 'पर्यावरण' शब्द से परिचित हैं। इस शब्द का प्रयोग टेलीविजन पर, समाचार पत्रों में तथा हमारे आस-पास के लोगों द्वारा प्रायः किया जाता है। हमारे बुजुर्ग हमसे कहते हैं कि अब वह पर्यावरण/वातावरण नहीं रहा जैसा कि पहले था, दूसरे कहते हैं हमें स्वस्थ पर्यावरण में काम करना चाहिए। 'पर्यावरणीय' समस्याओं पर चर्चा के लिए विकसित एवं विकासशील देशों के वैश्विक सम्मेलन भी नियमित रूप से होते रहते हैं। इस अध्याय में हम चर्चा करेंगे कि विभिन्न कारक पर्यावरण में किस प्रकार अन्योन्यक्रिया करते हैं तथा हम पर्यावरण पर क्या प्रभाव डालते हैं।

13.1 पारितंत्र—इसके संघटक क्या हैं?

सभी जीव जैसे कि पौधे, जंतु, सूक्ष्मजीव एवं मानव तथा भौतिक कारकों में परस्पर अन्योन्यक्रिया होती है तथा प्रकृति में संतुलन बनाए रखते हैं। किसी क्षेत्र के सभी जीव तथा वातावरण के अजैव कारक संयुक्त रूप से पारितंत्र बनाते हैं। अतः एक पारितंत्र में सभी जीवों के जैव घटक तथा अजैव घटक होते हैं। भौतिक कारक; जैसे– ताप, वर्षा, वायु, मृदा एवं खनिज इत्यादि अजैव घटक हैं।

उदाहरण के लिए, यदि आप बगीचे में जाएँ तो आपको विभिन्न पौधे; जैसे– घास, वृक्ष, गुलाब, चमेली, सूर्यमुखी जैसे फूल वाले सजावटी पौधे तथा मेंढ़क, कीट एवं पक्षी जैसे जंतु दिखाई देंगे। यह सभी सजीव परस्पर अन्योन्यक्रिया करते हैं तथा इनकी वृद्धि, जनन एवं अन्य क्रियाकलाप पारितंत्र के अजैव घटकों द्वारा प्रभावित होते हैं। अतः यह बगीचा एक पारितंत्र है। वन, तालाब तथा झील पारितंत्र के अन्य प्रकार हैं। ये प्राकृतिक पारितंत्र हैं, जबकि बगीचा तथा खेत मानव निर्मित (कृत्रिम) पारितंत्र हैं।

हम पिछली कक्षा में पढ़ चुके हैं कि जीवन निर्वाह के आधार जीवों को उत्पादक, उपभोक्ता एवं अपघटक वर्गों में बाँटा गया है। आइए, स्मरण करने का प्रयास करें जो हमने स्वनिर्वाह पारितंत्र स्वयं बनाया था। कौन-से जीव सूर्य के प्रकाश एवं क्लोरोफिल की उपस्थिति में अकार्बनिक पदार्थों से कार्बनिक पदार्थ जैसे कि, शर्करा (चीनी) एवं मंड का निर्माण कर सकते हैं? सभी हरे पौधों एवं नील-हरित शैवाल जिनमें प्रकाश संश्लेषण की क्षमता होती है, इसी वर्ग में आते हैं तथा **उत्पादक** कहलाते हैं।

क्रियाकलाप 13.1

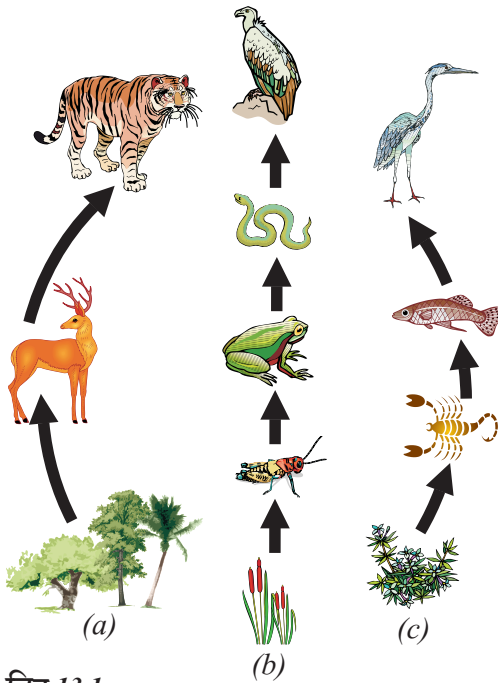
- संभवतः आपने एक जल जीवशाला (aquarium) देखी होगी। आइए, इसे बनाने का प्रयास करते हैं।
- जल जीवशाला बनाते समय हमें किन बातों का ध्यान रखना होगा? मछलियों को तैरने के लिए पर्याप्त स्थान (एक बड़ा जार भी ले सकते हैं।) जल, ऑक्सीजन एवं भोजन।
- हम एक वायु पंप (वातित्र) द्वारा ऑक्सीजन पंप कर सकते हैं तथा मछली का भोजन बाज़ार में उपलब्ध होता है।
- यदि हम इसमें कुछ पौधे लगा दें तो यह एक स्वनिर्वाह तंत्र बन जाएगा। क्या आप सोच सकते हैं कि यह कैसे होता है? एक जल जीवशाला मानव-निर्मित पारितंत्र का उदाहरण है।
- क्या हम जल जीवशाला बनाने के उपरांत इसे ऐसे ही छोड़ सकते हैं? यदा-कदा इसकी सफ़ाई की क्या आवश्यकता है? क्या हमें इसी प्रकार तालाबों एवं झीलों की सफ़ाई भी करनी चाहिए? क्यों और क्यों नहीं?

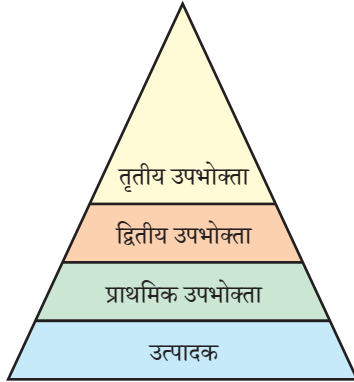
सभी जीव प्रत्यक्ष अथवा परोक्ष रूप से अपने निर्वाह हेतु उत्पादकों पर निर्भर करते हैं? ये जीव जो उत्पादक द्वारा उत्पादित भोजन पर प्रत्यक्ष अथवा परोक्ष रूप से निर्भर करते हैं, उपभोक्ता कहलाते हैं। **उपभोक्ता** को मुख्यतः शाकाहारी, मांसाहारी तथा सर्वाहारी एवं परजीवी में बाँटा गया है। क्या इनमें से प्रत्येक प्रकार के वर्ग के उदाहरण बता सकते हैं?

- ऐसी स्थिति की कल्पना कीजिए जब आप जल जीवशाला को साफ़ करना छोड़ दें तथा कुछ मछलियाँ एवं पौधे इसमें मर भी गए हैं। क्या आपने कभी सोचा है कि क्या होता है, जब एक जीव मरता है? जीवाणु और कवक जैसे सूक्ष्मजीव मृतजैव अवशेषों का अपमार्जन करते हैं। ये सूक्ष्मजीव अपमार्जक हैं, क्योंकि ये जटिल कार्बनिक पदार्थों को सरल अकार्बनिक पदार्थों में बदल देते हैं, जो मिट्टी (भूमि) में चले जाते हैं तथा पौधों द्वारा पुनः उपयोग में लाए जाते हैं। इनकी अनुपस्थिति में मृत जंतुओं एवं पौधों पर क्या प्रभाव पड़ेगा? क्या अपमार्जकों के न रहने पर भी मृदा की प्राकृतिक पुनःपूर्ति होती रहती हैं?

क्रियाकलाप 13.2

- जल जीवशाला बनाते समय क्या आपने इस बात का ध्यान रखा कि ऐसे जलीय जीवों को साथ न रखें जो दूसरों को खा जाएँ। अन्यथा क्या हुआ होता?
- समूह बनाइए और चर्चा कीजिए कि उपरोक्त समूहों में जीव एक-दूसरे पर किस प्रकार निर्भर करते हैं।
- जलीय जीवों के नाम उसी क्रम में लिखिए, जिसमें एक जीव दूसरे जीव को खाता है तथा एक ऐसी शृंखला की स्थापना कीजिए, जिसमें कम से कम तीन चरण हों।

- क्या आप किसी एक समूह को सबसे अधिक महत्त्व का मानते हैं? क्यों अथवा क्यों नहीं?

13.1.1 आहार शृंखला एवं जाल

चित्र 13.1
प्रकृति में आहार शृंखला (a) वन में (b) घास के मैदानों में (c) तालाब में

क्रियाकलाप 13.4 में हमने जीवों की एक शृंखला बनाई थी, जो एक-दूसरे का आहार करते हैं। विभिन्न जैविक स्तरों पर भाग लेने वाले जीवों की यह शृंखला आहार शृंखला (चित्र 13.1) का निर्माण करती हैं।

आहार शृंखला का प्रत्येक चरण अथवा कड़ी एक पोषी स्तर बनाते हैं। स्वपोषी अथवा उत्पादक प्रथम पोषी स्तर हैं तथा सौर ऊर्जा का स्थिरीकरण करके उसे विषमपोषियों अथवा उपभोक्ताओं के लिए उपलब्ध कराते हैं। शाकाहारी अथवा प्राथमिक उपभोक्ता द्वितीय पोषी स्तर; छोटे मांसाहारी अथवा द्वितीय उपभोक्ता तीसरे पोषी स्तर; तथा बड़े मांसाहारी अथवा तृतीय उपभोक्ता चौथे पोषी स्तर (चित्र 13.2) का निर्माण करते हैं।

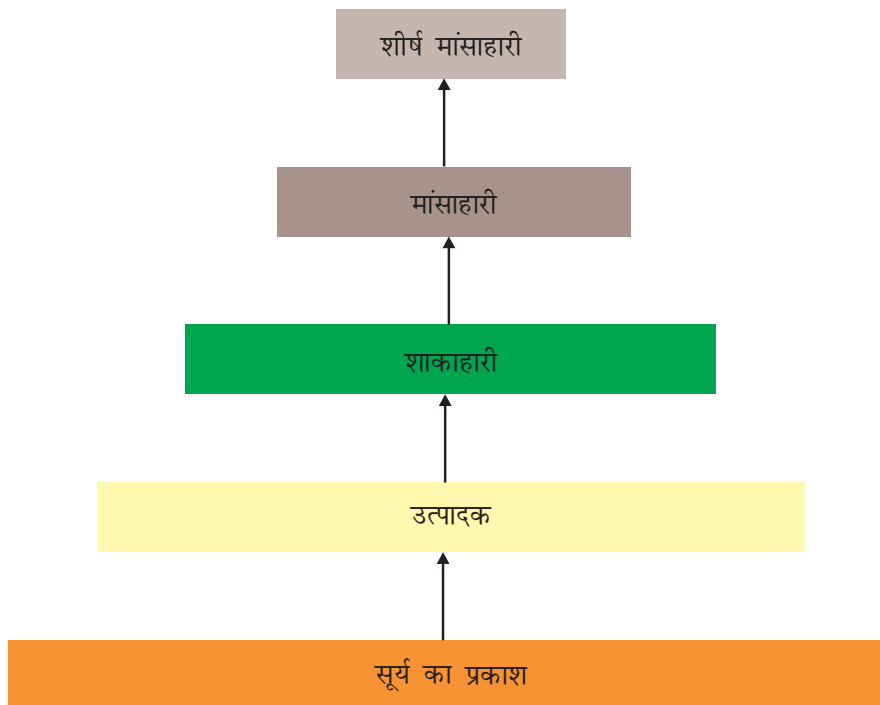
हम जानते हैं कि जो भोजन हम खाते हैं, हमारे लिए ऊर्जा स्रोत का कार्य करता है तथा विभिन्न कार्यों के लिए ऊर्जा प्रदान करता है। अतः पर्यावरण के विभिन्न घटकों की परस्पर अन्योन्यक्रिया में निकाय के एक घटक से दूसरे में ऊर्जा का प्रवाह होता है। जैसा कि हम पढ़ चुके हैं, स्वपोषी सौर प्रकाश में निहित ऊर्जा को ग्रहण करके रासायनिक ऊर्जा में बदल देते हैं। यह ऊर्जा संसार के संपूर्ण जैवसमुदाय की सभी क्रियाओं के संपादन में सहायक है। स्वपोषी से ऊर्जा विषमपोषी एवं अपघटकों तक जाती है जैसा कि 'ऊर्जा के स्रोत' नामक पिछले अध्याय में हमने जाना था कि जब ऊर्जा का एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तन होता है, तो पर्यावरण में ऊर्जा की कुछ मात्रा का अनुपयोगी ऊर्जा के रूप में ह्रास हो जाता है। पर्यावरण के विभिन्न घटकों के बीच ऊर्जा के प्रवाह का विस्तृत अध्ययन किया गया तथा यह पाया गया कि—

चित्र 13.2 पोषी स्तर

- एक स्थलीय पारितंत्र में हरे पौधे की पत्तियों द्वारा प्राप्त होने वाली सौर ऊर्जा का लगभग 1% भाग खाद्य ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं।
- जब हरे पौधे प्राथमिक उपभोक्ता द्वारा खाए जाते हैं, ऊर्जा की बड़ी मात्रा का पर्यावरण में ऊष्मा के रूप में ह्रास होता है, कुछ मात्रा का उपयोग पाचन, विभिन्न जैव कार्यों में, वृद्धि एवं जनन में होता है। खाए हुए भोजन की मात्रा का लगभग 10% ही जैव मात्रा में बदल पाता है तथा अगले स्तर के उपभोक्ता को उपलब्ध हो पाता है।
- अतः हम कह सकते हैं प्रत्येक स्तर पर उपलब्ध कार्बनिक पदार्थों की मात्रा का औसतन 10% ही उपभोक्ता के अगले स्तर तक पहुँचता है।
- क्योंकि उपभोक्ता के अगले स्तर के लिए ऊर्जा की बहुत कम मात्रा उपलब्ध हो पाती है। अतः आहार शृंखला सामान्यतः तीन अथवा चार चरण की होती है। प्रत्येक चरण पर ऊर्जा का ह्रास इतना अधिक होता है कि चौथे पोषी स्तर के बाद उपयोगी ऊर्जा की मात्रा बहुत कम हो जाती है।
- सामान्यतः निचले पोषी स्तर पर जीवों की संख्या अधिक होती है। अतः उत्पादक स्तर पर यह संख्या सर्वाधिक होती है।

- विभिन्न आहार शृंखलाओं की लंबाई एवं जटिलता में काफ़ी अंतर होता है। आमतौर पर प्रत्येक जीव दो अथवा अधिक प्रकार के जीवों द्वारा खाया जाता है, जो स्वयं अनेक प्रकार के जीवों का आहार बनते हैं। अतः एक सीधी आहार शृंखला के बजाय जीवों के मध्य आहार संबंध शाखान्वित होते हैं तथा शाखान्वित शृंखलाओं का एक जाल बनाते हैं, जिसे 'आहार जाल' (चित्र 13.3) कहते हैं।

चित्र 13.3 अनेक आहार शृंखलाओं से बना आहार जाल

ऊर्जा प्रवाह के चित्र (13.4) से दो बातें स्पष्ट होती हैं। पहली, ऊर्जा का प्रवाह एकदिशिक अथवा एक ही दिशा में होता है। स्वपोषी जीवों द्वारा ग्रहण की गई ऊर्जा पुनः सौर ऊर्जा में परिवर्तित नहीं होती तथा शाकाहारियों को स्थानांतरित की गई ऊर्जा पुनः स्वपोषी जीवों को उपलब्ध नहीं होती है, जैसे यह विभिन्न पोषी स्तरों पर क्रमिक स्थानांतरित होती है एवं अपने से पहले स्तर के लिए उपलब्ध नहीं होती है। दूसरी, प्रत्येक स्तर पर ऊर्जा की हानि के कारण प्रत्येक पोषी स्तर पर उपलब्ध ऊर्जा में उत्तरोत्तर ह्रास होता है।

चित्र 13.4 एक पारितंत्र में ऊर्जा के प्रवाह का आरेख चित्र

आहार शृंखला का एक दूसरा आयाम यह भी है कि हमारी जानकारी के बिना ही कुछ हानिकारक रासायनिक पदार्थ आहार शृंखला से होते हुए हमारे शरीर में प्रविष्ट हो जाते हैं। आप कक्षा 9 में पढ़ चुके हैं कि जल प्रदूषण किस प्रकार होता है। इसका एक कारण है कि विभिन्न फसलों को रोग, एवं पीड़कों से बचाने के लिए पीड़कनाशक एवं रसायनों का अत्यधिक प्रयोग करना है। ये रसायन बहकर मिट्टी में अथवा जल स्रोत में चले जाते हैं। मिट्टी से इन पदार्थों का पौधों द्वारा जल एवं खनिजों के साथ-साथ अवशोषण हो जाता है तथा जलाशयों से यह जलीय पौधों एवं जंतुओं में प्रवेश कर जाते हैं। यह केवल एक तरीका है, जिससे वे आहार शृंखला में प्रवेश करते हैं, क्योंकि ये पदार्थ अजैव निम्नीकृत हैं। यह प्रत्येक पोषी स्तर पर उतरोत्तर संग्रहित होते जाते हैं, क्योंकि किसी भी आहार शृंखला में मनुष्य शीर्षस्थ है, अतः हमारे शरीर में यह रसायन सर्वाधिक मात्रा में संचित हो जाते हैं। इसे 'जैव-आवर्धन कहते हैं। यही कारण है कि हमारे खाद्यान्न जैसे– गेहूँ तथा चावल, सब्जियाँ, फल तथा मांस में पीड़क रसायन के अवशिष्ट विभिन्न मात्रा में उपस्थित होते हैं। उन्हें पानी से धोकर अथवा अन्य प्रकार से अलग नहीं किया जा सकता है।

क्रियाकलाप 13.3

- समाचारपत्रों में, तैयार खाद्य सामग्री अथवा भोज्य पदार्थों में पीड़क एवं रसायनों की मात्रा के विषय में प्रायः ही समाचार छपते रहते हैं। कुछ राज्यों ने इन पदार्थों पर रोक भी लगा दी है। इस प्रकार की रोक के औचित्य पर चर्चा कीजिए।
- आपके विचार में इन खाद्य पदार्थों में पीड़कनाशियों का स्रोत क्या है। क्या यह पीड़कनाशी अन्य खाद्य स्रोतों के माध्यम से हमारे शरीर में पँहुच सकते हैं?
- किन उपायों द्वारा शरीर में इन पीड़कनाशियों की मात्रा कम की जा सकती है। चर्चा कीजिए।

प्रश्न

1. पोषी स्तर क्या हैं? एक आहार शृंखला का उदाहरण दीजिए तथा इसमें विभिन्न पोषी स्तर बताइए।
2. पारितंत्र में अपमार्जकों की क्या भूमिका है?

?

13.2 हमारे क्रियाकलाप पर्यावरण को किस प्रकार प्रभावित करते हैं?

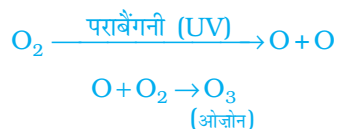
हम सब पर्यावरण का समेकित भाग हैं। पर्यावरण में परिवर्तन हमें प्रभावित करते हैं तथा हमारे क्रियाकलाप/गतिविधियाँ हमारे चारों ओर के पर्यावरण को प्रभावित करते हैं। कक्षा 9 में हम पढ़ चुके हैं कि हमारे क्रियाकलाप पर्यावरण को किस प्रकार प्रभावित करते हैं। इस भाग में हम पर्यावरण संबंधी दो समस्याओं के विषय में विस्तार से चर्चा करेंगे, वे हैं— ओज़ोन परत का अपक्षय तथा अपशिष्ट निपटान।

13.2.1 ओज़ोन परत तथा यह किस प्रकार अपक्षयित होती है

ओज़ोन 'O_3' के अणु ऑक्सीजन के तीन परमाणुओं से बनते हैं, जबकि सामान्य ऑक्सीजन जिसके विषय में हम प्रायः चर्चा करते हैं, के अणु में दो परमाणु होते हैं। जहाँ ऑक्सीजन सभी प्रकार के वायविक जीवों के लिए आवश्यक है, वहीं ओज़ोन एक घातक विष है। परंतु वायुमंडल के ऊपरी स्तर में ओज़ोन एक आवश्यक प्रकार्य संपादित करती है। यह सूर्य से आने वाले पराबैंगनी विकिरण से पृथ्वी को सुरक्षा प्रदान करती है। यह पराबैंगनी विकिरण जीवों के लिए अत्यंत हानिकारक है। उदाहरणतः यह गैस मानव में त्वचा का कैंसर उत्पन्न करती हैं।

वायुमंडल के उच्चतर स्तर पर पराबैंगनी (UV) विकिरण के प्रभाव से ऑक्सीजन (O_2) अणुओं से ओज़ोन बनती है। उच्च ऊर्जा वाले पराबैंगनी विकिरण ऑक्सीजन अणुओं (O_2) को विघटित कर स्वतंत्र ऑक्सीजन (O) परमाणु बनाते हैं। ऑक्सीजन के ये स्वतंत्र परमाणु संयुक्त होकर ओज़ोन बनाते हैं जैसा कि समीकरण में दर्शाया गया है।

$$O_2 \xrightarrow{\text{पराबैंगनी (UV)}} O + O$$

$$O + O_2 \rightarrow \underset{\text{(ओज़ोन)}}{O_3}$$

1980 से वायुमंडल में ओज़ोन की मात्रा में तीव्रता से गिरावट आने लगी। क्लोरोफ्लुओरो कार्बन (CFCs) जैसे मानव संश्लेषित रसायनों को इसका मुख्य कारक माना गया है। इनका उपयोग रेफ्रीजेरेटर (शीतलन) एवं अग्निशमन के लिए किया जाता है। 1987 में संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम (UNEP) में सर्वानुमति बनी कि CFC के उत्पादन को 1986 के स्तर पर ही सीमित रखा जाए। अब यह अनिवार्य है कि दुनिया भर की सभी विनिर्माण कंपनियाँ CFC रहित रेफ्रिजरेटर बनाएँ।

क्रियाकलाप 13.4

- पुस्तकालय, इंटरनेट अथवा समाचारपत्रों से पता लगाइए कि कौन-से रसायन ओज़ोन परत के अपक्षय के लिए उत्तरदायी हैं?
- पता लगाइए कि इन पदार्थों के उत्पादन एवं उत्सर्जन के नियमन संबंधी कानून ओज़ोन क्षरण कम करने में कितने सफल रहे हैं। क्या पिछले कुछ वर्षों में ओज़ोन-छिद्र के आकार में कुछ परिवर्तन आया है।

15.2.2 कचरा प्रबंधन

अपनी दैनिक गतिविधियों में हम बहुत से ऐसे पदार्थ उत्पादित करते हैं, जिन्हें फेंकना पड़ता है। इनमें से अपशिष्ट पदार्थ क्या हैं? जब हम उन्हें फेंक देते हैं तो उनका क्या होता है? आइए, इन प्रश्नों का उत्तर जानने के लिए निम्नलिखित क्रियाकलाप करते हैं।

हमने 'जैव प्रक्रम' वाले अध्याय में पढ़ा है कि हमारे द्वारा खाए गए भोजन का पाचन विभिन्न एंजाइमों द्वारा किया जाता है। क्या आपने कभी सोचा है कि एक ही एंजाइम भोजन के सभी पदार्थों का पाचन क्यों नहीं करता? एंजाइम अपनी क्रिया में विशिष्ट होते हैं। किसी विशेष प्रकार के पदार्थ

क्रियाकलाप 13.5

- अपने घर से कचरा एकत्र कीजिए। इसमें पूरे दिन में उत्पन्न कूड़ा-कचरा, जैसे कि रसोई का कूड़ा (संदूषित भोजन, सब्जियों के छिलके, चाय की उपयोग की गई पत्तियाँ, दूध की खाली थैली तथा खाली डिब्बे), रद्दी कागज़, दवा की खाली बोतल/स्ट्रिप्स, बबल पैक, पुराने फटे कपड़े तथा टूटे जूते आदि हो सकते हैं।
- इसे विद्यालय के बगीचे में एक गड्ढे में दबा दीजिए, यदि ऐसा स्थान उपलब्ध न हो तो इस कचरे को किसी पुरानी बाल्टी अथवा गमले में एकत्र करके उसे 15 cm मोटी मिट्टी की पर्त से ढक दीजिए।
- इसे नम रखिए तथा 15 दिनों के अंतराल पर इसका अवलोकन करते रहिए।
- वह कौन-से पदार्थ हैं, जो लंबे समय बाद भी अपरिवर्तित रहते हैं?
- वे कौन-से पदार्थ हैं जिनके स्वरूप एवं संरचना में परिवर्तन आता है?
- जिन पदार्थों के स्वरूप में समय के साथ परिवर्तन आया है, उनमें कौन-से पदार्थ अतिशीघ्र परिवर्तित हुए हैं?

के पाचन/अपघटन के लिए विशिष्ट एंजाइम की आवश्यकता होती है। इसीलिए कोयला खाने से हमें ऊर्जा प्राप्त नहीं हो सकती। इसी कारण, बहुत से मानव-निर्मित पदार्थ जैसे कि प्लास्टिक का अपघटन जीवाणु अथवा दूसरे मृतजीवियों द्वारा नहीं हो सकता। इन पदार्थों पर भौतिक प्रक्रम जैसे कि ऊष्मा तथा दाब का प्रभाव होता है, परंतु सामान्य अवस्था में लंबे समय तक पर्यावरण में बने रहते हैं।

वे पदार्थ जो जैविक प्रक्रम द्वारा अपघटित हो जाते हैं, 'जैव निम्नीकरणीय' कहलाते हैं। आपके द्वारा दबाए गए पदार्थों में से कितने 'जैव निम्नीकरणीय' थे? वे पदार्थ जो इस प्रक्रम में अपघटित

क्रियाकलाप 13.6

- पुस्तकालय अथवा इंटरनेट द्वारा 'जैव निम्नीकरणीय' एवं 'अजैव निम्नीकरणीय' पदार्थों के विषय में अधिक जानकारी प्राप्त कीजिए।
- अजैव निम्नीकरणीय पदार्थ कितने समय तक पर्यावरण में इसी रूप में बने रह सकते हैं?
- आजकल 'जैव निम्नीकरणीय प्लास्टिक' उपलब्ध हैं। इन पदार्थों के विषय में और अधिक जानकारी प्राप्त कीजिए तथा पता लगाइए कि क्या उनसे पर्यावरण को हानि हो सकती है अथवा नहीं।

प्रश्न

1. क्या कारण है कि कुछ पदार्थ जैव निम्नीकरणीय होते हैं और कुछ अजैव निम्नीकरणीय?
2. ऐसे दो तरीके सुझाइए, जिनमें जैव निम्नीकरणीय पदार्थ पर्यावरण को प्रभावित करते हैं।
3. ऐसे दो तरीके बताइए, जिनमें अजैव निम्नीकरणीय पदार्थ पर्यावरण को प्रभावित करते हैं।

2024-25

नहीं होते ‘अजैव निम्नीकरणीय’ कहलाते हैं। यह पदार्थ सामान्यतः ‘अक्रिय (Inert) ’ हैं तथा लंबे समय तक पर्यावरण में बने रहते हैं अथवा पर्यावरण के अन्य सदस्यों को हानि पहुँचाते हैं।

किसी भी नगर एवं कस्बे में जाने पर चारों ओर कचरे के ढेर दिखाई देते हैं। किसी पर्यटन स्थल पर जाइए, हमें विश्वास है कि वहाँ पर बड़ी मात्रा में खाद्य पदार्थों की खाली थैलियाँ इधर-उधर फैली हुई दिख जाएँगी। पिछली कक्षाओं में हमने स्वयं द्वारा उत्पादित इस कचरे से निपटान के उपायों पर चर्चा की है। आइए, इस समस्या पर अधिक गंभीरता से ध्यान दें।

क्रियाकलाप 13.7

- पता लगाइए कि घरों में उत्पादित कचरे का क्या होता है? क्या किसी स्थान से इसे एकत्र करने का कोई प्रबंध है?
- पता लगाइए कि स्थानीय निकायों (पंचायत, नगरपालिका, आवास कल्याण समिति) द्वारा इसका निपटान किस प्रकार किया जाता है? क्या वहाँ जैव अपघटित तथा अजैव अपघटित कचरे को अलग-अलग करने की व्यवस्था है?
- गणना कीजिए कि एक दिन में घर से कितना कचरा उत्पादित होता है?
- इसमें से कितना कचरा जैव निम्नीकरणीय है?
- गणना कीजिए कि कक्षा में प्रतिदिन कितना कचरा उत्पादित होता है।
- इसमें कितना कचरा जैव निम्नीकरणीय है?
- इस कचरे के निपटान के कुछ उपाय सुझाइए।

क्रियाकलाप 13.8

- पता लगाइए कि आपके क्षेत्र में मल व्ययन की क्या व्यवस्था है? क्या वहाँ इस बात का प्रबंध है कि स्थानीय जलाशय एवं जल के अन्य स्रोत अनउपचारित वाहित मल से प्रभावित न हों?
- अपने क्षेत्र में पता लगाइए कि स्थानीय उद्योग अपने अपशिष्ट (कूड़े-कचरे एवं तरल अपशिष्ट) के निपटान का क्या प्रबंध करते हैं? क्या वहाँ इस बात का प्रबंधन है, जिससे सुनिश्चित हो सके कि इन पदार्थों से भूमि तथा जल का प्रदूषण नहीं होगा?

हमारी जीवन शैली में सुधार के साथ उत्पादित कचरे की मात्रा भी बहुत अधिक बढ़ गई है। हमारी अभिवृत्ति में परिवर्तन भी एक महत्वपूर्ण भूमिका निर्वाह करता है। हम प्रयोज्य (निवर्तनीय) वस्तुओं का प्रयोग करने लगे हैं। पैकेजिंग के तरीकों में बदलाव से अजैव निम्नीकरणीय वस्तु के कचरे में पर्याप्त वृद्धि हुई है। आपके विचार में इन सबका हमारे पर्यावरण पर क्या प्रभाव पड़ सकता है?

इस पर विचार कीजिए!

रेलगाड़ियों में प्रयोज्य (निवर्तनीय) कप

यदि आप अपने माता-पिता से पूँछेंगे तो संभवतः उन्हें याद होगा कि रेलगाड़ियों में चाय काँच के गिलासों में दी जाती थी, जो चाय वाले को वापस कर दिए जाते थे। डिस्पोजेबल कप एवं गिलास के उपयोग को इस आधार पर बढ़ावा मिला कि वे स्वच्छ एवं स्वास्थ्यकर हैं। उस समय किसी ने भी कल्पना नहीं की थी कि प्रतिदिन लाखों की संख्या में उपयोग किए जाने वाले इन कपों का क्या समाघात (Impact) होगा। कुछ समय-पूर्व कुल्हड़ (मिट्टी के पात्र) विकल्प के रूप में लाए गए, परंतु इस पर विचार नहीं किया गया कि इतनी बड़ी संख्या में कुल्हड़ बनाने के लिए कितनी उर्वरक मिट्टी का उपयोग होगा। अब कागज के डिस्पोजेबल कप का इस्तेमाल हो रहा है। आपके विचार में डिस्पोजेबल प्लास्टिक कप की अपेक्षा कागज़ के डिस्पोजेबल कप के इस्तेमाल के क्या लाभ हैं।

क्रियाकलाप 13.9

- इंटरनेट अथवा पुस्तकालय की सहायता से पता लगाएँ कि इलेक्ट्रॉनिक वस्तुओं के निपटान के समय किन खतरनाक वस्तुओं से आपको सुरक्षापूर्वक छुटकारा पाना है। ये पदार्थ पर्यावरण को किस प्रकार प्रभावित करते हैं?
- पता लगाइए कि प्लास्टिक का पुनः चक्रण किस प्रकार होता है? क्या प्लास्टिक के पुनः चक्रण का पर्यावरण पर कोई समाघात होता है?

प्रश्न

1. ओजोन क्या है तथा यह किसी पारितंत्र को किस प्रकार प्रभावित करती है।
2. आप कचरा निपटान की समस्या कम करने में क्या योगदान कर सकते हैं? किन्हीं दो तरीकों का वर्णन कीजिए।

आपने क्या सीखा

- पारितंत्र के विभिन्न घटक अन्योन्याश्रित होते हैं।
- उत्पादक सूर्य से प्राप्त ऊर्जा को पारितंत्र के अन्य सदस्यों को उपलब्ध कराते हैं।
- जब हम एक पोषी स्तर से दूसरे पोषी स्तर पर जाते हैं तो ऊर्जा का ह्रास होता है, यह आहार शृंखला में पोषी स्तरों को सीमित कर देता है।
- मानव की गतिविधियों का पर्यावरण पर समाघात होता है।

- CFCs जैसे रसायनों ने ओज़ोन परत को नुकसान पहुँचाया है, क्योंकि ओज़ोन परत सूर्य से आने वाली पराबैंगनी (UV) विकिरण से सुरक्षा प्रदान करती है। अतः इसकी क्षति से पर्यावरण को नुकसान पहुँच सकता है।
- हमारे द्वारा उत्पादित कचरा जैव निम्नीकरणीय अथवा अजैव निम्नीकरणीय हो सकता है।
- हमारे द्वारा उत्पादित कचरे का निपटान एक गंभीर पर्यावरणीय समस्या है।

अभ्यास

1. निम्नलिखित में से कौन-से समूहों में केवल जैव निम्नीकरणीय पदार्थ हैं—
   (a) घास, पुष्प तथा चमड़ा
   (b) घास, लकड़ी तथा प्लास्टिक
   (c) फलों के छिलके, केक एवं नींबू का रस
   (d) केक, लकड़ी एवं घास
2. निम्नलिखित से कौन आहार श्रृंखला का निर्माण करते हैं—
   (a) घास, गेहूँ तथा आम
   (b) घास, बकरी तथा मानव
   (c) बकरी, गाय तथा हाथी
   (d) घास, मछली तथा बकरी
3. निम्नलिखित में से कौन पर्यावरण-मित्र व्यवहार कहलाते हैं—
   (a) बाजार जाते समय सामान के लिए कपड़े का थैला ले जाना
   (b) कार्य समाप्त हो जाने पर लाइट (बल्ब) तथा पंखे का स्विच बंद करना
   (c) माँ द्वारा स्कूटर से विद्यालय छोड़ने के बजाय तुम्हारा विद्यालय तक पैदल जाना
   (d) उपरोक्त सभी
4. क्या होगा यदि हम एक पोषी स्तर के सभी जीवों को समाप्त कर दें (मार डालें)?
5. क्या किसी पोषी स्तर के सभी सदस्यों को हटाने का प्रभाव भिन्न-भिन्न पोषी स्तरों के लिए अलग-अलग होगा? क्या किसी पोषी स्तर के जीवों को पारितंत्र को प्रभावित किए बिना हटाना संभव है?
6. जैविक आवर्धन (Biological magnification) क्या है? क्या पारितंत्र के विभिन्न स्तरों पर जैविक आवर्धन का प्रभाव भी भिन्न-भिन्न होगा?
7. हमारे द्वारा उत्पादित अजैव निम्नीकरणीय कचरे से कौन-सी समस्याएँ उत्पन्न होती हैं?
8. यदि हमारे द्वारा उत्पादित सारा कचरा जैव निम्नीकरणीय हो तो क्या इनका हमारे पर्यावरण पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा?
9. ओजोन परत की क्षति हमारे लिए चिंता का विषय क्यों है? इस क्षति को सीमित करने के लिए क्या कदम उठाए गए हैं?

उत्तरमाला

अध्याय 1

1. (i) 2. (d) 3. (a)

अध्याय 2

1. (d) 2. (b) 3. (d) 4. (c)

अध्याय 3

1. (d) 2. (c) 3. (a) 4. (c)

अध्याय 4

1. (b) 2. (c) 3. (b)

अध्याय 5

1. (c) 2. (a) 3. (d) 4. (b)

अध्याय 6

1. (d) 2. (b) 3. (d)

अध्याय 7

1. (b) 2. (c) 3. (d)

अध्याय 8

1. (c)

अध्याय 9

1. (d) 2. (d) 3. (b)
4. (a) 5. (d) 6. (b)

7. दूरी 15 cm से कम; आभासी; विवर्धित

9. हाँ

10. लेंस से 16.7 cm दूसरी ओर; 3.3 cm, बिंब से छोटा, वास्तविक, उलटा

11. 30 cm

12. 6.0 cm, दर्पण के पीछे; आभासी, सीधा

13. m = 1 दर्शाता है कि समतल दर्पण में प्रतिबिंब, बिंब के साइज के बराबर है। m का धनात्मक चिह्न दर्शाता है कि प्रतिबिंब आभासी तथा सीधा है।
14. 8.6 cm, दर्पण के पीछे; आभासी, सीधा; 2.2 cm, बिंब से छोटा
15. बिंब की ओर 54 cm; 14 cm, आवर्धित, वास्तविक, उलटा
16. –0.50 m; अवतल लेंस
17. + 0.67 m; अभिसारी लेंस

अध्याय 10

1. (b) 2. (d) 3. (c) 4. (c)
5. (a) –0.18 m; (b) +0.67 m
6. अवतल लेंस; –1.25 D
7. उत्तल लेंस; +3.0 D

अध्याय 11

1. (d) 2. (b) 3. (d) 4. (c)
5. समांतर 6. 122.7 m; ¼ गुना
7. 3.33 Ω 8. 4.8 kΩ 9. 0.67 A
10. 4 प्रतिरोधक 12. 110 बल्ब
13. 9.2 A, 4.6 A, 18.3 A
14. (i) 8 W; (ii) 8 W
15. 0.73 A
16. 250 W टी. वी. सेट 1 घंटा में
17. 120 W
18. (b) मिश्रातु की उच्च प्रतिरोधकता
(d) व्युत्क्रमानुपाती

अध्याय 12

1. (d) 2. (c)
3. (a) सत्य (b) असत्य
6. ऊर्ध्वाधर अधोमुखी
7. (i) दक्षिण-हस्त अँगुष्ठ नियम, (ii) फ्लेमिंग का वाम-हस्त नियम

अध्याय 13

1. (a), (c), (d) 2. (b) 3. (d)